DIE NATURWISSENSCHAFTEN

16. Jahrgang | 14 September 1928 | Heft 37/38

Die Krise der „Wirklichkeit".

Von Kurt Riezler, Frankfurt a. M.

Unsere äußeren und inneren Wahrnehmungen bilden einen bunt schillernden Strom wechselnder Empfindungen, dessen helle und dunkle aufglitzernden und schon wieder unfaßbar enteilenden Wassertropfen auf eine wunderbare Weise in einer Einheit zusammenhängen, die wir nach Belieben Ich, Bewußtsein oder sonstwie benennen mögen. Die Einheit dieses schillernden Stroms ist die erste Wirklichkeit. Von ihr ausgehend, formt sich unser Erkennen eine andere, die zweite Wirklichkeit. Es ist die Wirklichkeit der in Raum und Zeit ausgedehnten Dinge mit ihren Eigenschaften, ihren Beziehungen zueinander, ihren Veränderungen und dem Zusammenhange dieser Veränderungen. Derartige zweite Wirklichkeiten hat der erkennende Mensch im Laufe seiner Geschichte unzählige von durchaus verschiedener Struktur sich geformt, magische voll von Göttern und Dämonen und Zaubermächten, naive voll von toten und lebendigen Dingen, wissenschaftliche der Elemente, Gesetze und Formeln. Alle diese zweiten Wirklichkeiten wollen der schwankenden, wirren, in sich ungeordneten Welt der Sinne eine in sich selbst gegründete, nicht mehr subjektive, sondern objektive Welt gegenüberstellen, die nun nicht mehr relativ zu irgendeinem Ich, sondern absolut für alle Ich bestehen und gelten, ihnen allen gemeinsam sein und sie selbst und alle ihre ersten Wirklichkeiten in sich enthalten soll. Sie suchen das Unwandelbare auf dem Grunde des Wandelbaren, an Stelle des wechselnden Wassergeglitzers das Bett des Stromes, die Macht, den Sinn und das Gesetz, das ihn bewegt: die Invarianten der Welt. Das gilt für das magische Weltbild der ersten Denkenden so gut, wie für das mathematische der allerletzten Physik. Aber alle diese zweiten Wirklichkeiten sind ungeachtet des Anspruchs, mit dem sie sich umgeben mögen, nur unsere Bilder, besser oder schlechter, mehr oder minder getreu oder verzerrt, einer dritten nun wahrhaft absoluten Wirklichkeit, die wir suchen, aber noch nicht oder jedenfalls nicht ganz und nicht mit Sicherheit gefunden haben. Über das Verhältnis dieser drei Wirklichkeiten zueinander und einer jeden zu der Wahrheit, streiten die Philosophen einen immer neuen Streit. Die Sensualisten sehen in der ersten Wirklichkeit die reale und einzig wahre, in der zweiten ein Bild unseres Intellekts, in der dritten aber ein leeres Nichts. Die Idealisten sehen in der ersten Wirklichkeit das der Erkenntnis aufgegebene Material, in der zweiten eine Welt der Erscheinungen, die der Verstand an Hand seiner Formen aus diesem Material zu entwerfen unternimmt, in der Vorstellung einer dritten aber nur eine Idee, welche die einzig absolute und wahre Realität, die Vernunft, als unerreichbares Ziel ihrer Strebungen vor sich hinstellt. Die Realisten sehen in der ersten einen Schein der Sinne, in der zweiten ein Provisorium der Erkenntnis, in der dritten aber die absolute Realität.

Diese letztere Ansicht teilten mit den realistischen Philosophen die naiven Menschen aller Zeiten. Sie alle, gottesgläubig oder dinggläubig, Irrationalisten oder Rationalisten, suchen in religiöser Offenbarung oder wissenschaftlicher Erkenntnis nach einer dritten absoluten Wirklichkeit, aus der die erste als ein bloßer Schein der Sinne entspringt, und die sie in der zweiten als in einem noch lückenhaften Bilde so gut als möglich erfassen wollen. So verschieden die Vorstellungen sein mögen, die sie sich von jener dritten Wirklichkeit in ihren zweiten Wirklichkeiten entwerfen, so stimmen sie doch über das Verhältnis der drei Wirklichkeiten überein: die dritte ist die wahre, die zweite ein Provisorium, die erste ein Schein.

Die wissenschaftliche Weltanschauung der letzten Jahrhunderte gab dieser Grundvorstellung eine besondere Form. Die Wissenschaft durchforscht die erste Wirklichkeit, von Experiment zu Experiment fortschreitend, nach Gesetzen, als nach konstanten Beziehungen des Variablen. In diesen Gesetzen sieht sie ein Absolutes, ein Stück also jener dritten Wirklichkeit, und nimmt an, jene dritte Wirklichkeit sei eine in sich geschlossene Ordnung, durchwaltet von einem einheitlichen Zusammenhang einer endlichen Anzahl solcher Gesetze. Diese Wirklichkeit soll also ein geschlossener Wirkungszusammenhang sein. Je mehr wir von diesen Gesetzen und ihrem Zusammenhang entdecken, desto mehr nähert sich das Provisorium der zweiten Wirklichkeit der absoluten dritten, um am Ende der Wissenschaft ganz und gar in ihr aufzugehen. Diese Ansicht, durch die Entwicklung der Naturwissenschaft in den letzten Jahrhunderten herangewachsen und zur Selbstverständlichkeit erstarkt, ist in den letzten Jahrzehnten durch die Fortschritte der Physik zum Erstaunen der gelehrten und ungelehrten Welt erschüttert worden. Hiermit ist der Streit um das Verhältnis der drei Wirklichkeiten zueinander von neuem entbrannt und wird nun abermals mit neuen Waffen, Kampffronten und Kampfaussichten gefochten.

Jene erschütterte Selbstverständlichkeit enthielt einige Voraussetzungen, welche weder aus der Erfahrung zu entnehmen noch vor aller Erfahrung evident sind. Diese Voraussetzungen betreffen die Mittel der Erkenntnis, die Struktur der dritten Wirklichkeit, und das Verhältnis jener Erkenntnismittel zu dieser Struktur.

Es wird vorausgesetzt, daß die Mittel unserer Erkenntnis ein in sich geschlossenen System, ferner, daß die absolute Wirklichkeit eine durch eine endliche Anzahl invarianter Gesetze eindeutig beherrschte Ordnung, drittens, daß jene Mittel dieser Ordnung adäquat seien, also zu ihrer Erfassung ausreichten.

Es ist keineswegs selbstverständlich, daß diese Voraussetzungen zutreffen — ja, es wäre in mancher Hinsicht erstaunlich, wenn sie es täten. Woraus schöpft diese Ansicht den Schein der Selbstverständlichkeit? Aus zwei völlig verschiedenen Quellen: einmal aus dem Glauben, der Hoffnung und der Liebe des wissenschaftlichen Menschen, sodann aus bisherigen Erfolgen der Anwendung auf Teile der Erfahrung. Wenn das letzte Ziel der Wissenschaft erreichbar sein soll, müssen diese Voraussetzungen gelten. Aus der Liebe zu ihrer Aufgabe erwächst die Hoffnung ihrer Lösbarkeit, aus der Hoffnung der Glaube. Trotzdem ist dieses Argument nicht zwingend. Die Voraussetzungen einer Hoffnung sind nicht die Voraussetzungen eines Faktums. Vielleicht ist das letzte Ziel der Wissenschaft gar nicht erreichbar. Vielleicht sind die Mittel der Erkenntnis nicht ausreichend, vielleicht ist die absolute Wirklichkeit gar nicht eine eindeutige Ordnung oder den Erkenntnismitteln nicht adäquat. Eine solche Annahme enthält keinen Widerspruch: wer sie a priori verwirft, kann sich nur auf den Glauben, die Hoffnung, die Liebe berufen, welche drei sie enttäuscht.

Aber das Argument der Hoffnung wird durch die bisherige Erfahrung unterstützt. Es ist uns tatsächlich in einem erstaunlichen Maße gelungen, den schwankenden Wirrwarr der ersten Wirklichkeit zunächst auf eine Ordnung beharrlicher Dinge, sodann konstanter Gesetze zu beziehen, die von der Subjektivität unseres sinnlichen Erlebens unabhängig und für die anderen Subjekte, von denen wir zu wissen glauben, die gleiche zu sein scheint. Im Fortgang der Wissenschaft wurde die so entdeckte Ordnung immer geschlossener und einheitlicher. Immer mehr scheinbare Regellosigkeit erwies sich als gesetzlich geordnet, immer mehr nebeneinanderstehende Sondergesetzlichkeiten konnten unter allgemeineren Gesetzen zusammengefaßt werden. Was wunder, daß der forschende Menschengeist in der entdeckten Ordnung die Gewähr sah, daß sein Glaube begründet, seine Hoffnung berechtigt, seine Liebe des Lohnes sicher sei. Was wunder, daß er sich das Bild der dritten, der absoluten Wirklichkeit nach seinen Wünschen formte, als eine sich selbst genügende, in sich beständige Ordnung, aus deren Wahrheit für unsere Sinne jener Schein der ersten Wirklichkeit, für unseren suchenden Verstand die zweite Wirklichkeit als ein Provisorium der Erkenntnis hervorgehe?

Und doch hat gerade die Entwicklung der erfolgreichsten Forschung, der physikalischen, diesen Glauben ins Wanken gebracht.

Zunächst wurde ein Teil der uns bekannten Naturgesetzlichkeit als statistische Gesetzmäßigkeit entlarvt. Manch wunderbare Ordnung erwies sich als simple Folge eines Ausgleichs im Mittel oder des Spiels der großen Zahlen, ihre theoretisch unbedingte Notwendigkeit wurde zur praktisch unendlich großen Wahrscheinlichkeit. Der verbleibende Teil der Naturgesetzlichkeiten geriet in Verdacht, der gleichen Quelle zu entstammen. Hiermit war die Ordnung konkreter Gesetzlichkeiten, die der Anblick der Natur uns bot, der bisherigen Kraft seines Zeugnisses beraubt. Wenn das Wunder der Ordnung auf den großen Ausschnitt beschränkt blieb, ja aus einer Unordnung oder unbekannten Ordnung des Kleinen und Kleinsten herauswachsen kann, so verweist sie uns, statt uns ein letztes der absoluten Wirklichkeit zu enthüllen, auf einen dunklen, wenn nicht chaotischen, so uns doch unbekannten Grund, vor dem wir von neuem um die letzten Invarianten, an denen unser Glaube und unsere Hoffnung hängt, zu ringen haben.

Diesem Moment fügte die divergierende Entwicklung der Einzelwissenschaften ein zweites hinzu. Alle Wissenschaften gingen zunächst von einem etwas rohen, aber gemeinsamen Entwurf einer zweiten Wirklichkeit aus. Diese zweite Wirklichkeit war zugleich die naive, in der wir selbst und unseresgleichen inmitten einer Welt von Wesen und Dingen allerlei Art leben und uns bewegen, Getreide, Häuser und Maschinen bauen. Der Raum dieser Welt war dreidimensional und euklidisch, die Zeit eindimensional und nicht umkehrbar. Die lebendigen und toten Dinge hatten ihre Eigenschaften und ihre Beziehungen zueinander, die Veränderungen dieser Eigenschaften und Beziehungen waren von einander abhängig und in dieser Abhängigkeit zu erforschen. Dieser rohe Entwurf wurde nun von den einzelnen Wissenschaften weiter entwickelt. Wenn wir von dem Glauben ausgehen, daß diese zweite Wirklichkeit nur ein Provisorium einer dritten ist, der wir uns im Fortschritt der Erkenntnis nähern, daß diese dritte eine in sich selbst ruhende Ordnung sei, so hätte erwartet werden müssen, daß die Richtungen, in der die einzelnen Wissenschaften an Hand ihrer Erfahrungen jenes naive Gerüst ausbauen und weiter entwickelten, am Ende konvergieren würden, daß also diese weiterentwickelten Begriffssysteme in einem Gesamtsystem vereinbar bleiben und in ihrer inhaltlichen Erfüllung wachsend übereinstimmen, ja schließlich sich zu einer Totalität zusammenschließen müßten. Diese Erwartung wurde nicht erfüllt. Die Einzelwissenschaften konvergierten nicht, sondern divergierten; sie entwickelten ihre Begriffssysteme in verschiedener Richtung. Hierdurch gingen diese Begriffssysteme der Möglichkeit eines gemeinsamen Bezuges auf eine und dieselbe dritte Wirklichkeit verlustig. Nun trat an Stelle der Ergänzung zu einer Totalität der Widerstreit. Das einheitliche Provisorium einer zweiten Wirklichkeit zerfiel in mehrere zweite Wirklichkeiten, verschiedener und einander wider-

sprechender logischer Struktur. Hierdurch wurde die dritte Wirklichkeit in eine eigenartige Problematik verstrickt. Wie konnten Betrachtungsweisen unvereinbarer Struktur in einem und demselben Gegenstande zusammenhängen? Welche von den verschiedenen zweiten Wirklichkeiten stand der gesuchten dritten am nächsten? Die anorganische Natur erschloß sich der physikalischen Methode, die organische Natur, vor allem aber der lebendige Menschengeist, leistete Widerstand. Hier blieb die Zuordnung von Größen, so weit sie möglich war, äußerlich. Der Versuch einer experimentellen Psychologie, naturwissenschaftliche Methoden auf das seelische Geschehen anzuwenden, mißlang. Die Historie emanzipierte sich von dem Druck der naturwissenschaftlichen Methode und bildet einen Individualitäts- und Entwicklungsbegriff, der mit der Geltung des physikalischen Kausalbegriffes in einer und derselben Wirklichkeit nicht zusammen bestehen kann — es sei denn, der eine oder der andere wird in dem Gewirr einer künstlichen Terminologie oder in der Verschwommenheit bloßer Worte um die Präzision seiner Bedeutung gebracht. Wie die Geschichte mit der Naturwissenschaft um das Eigenrecht des Geistes, so rang die vitalistische Biologie mit der mechanistischen um den Begriff des Lebens. In der einen war für die eherne Naturordnung, in der andern für das Wunder des Lebendigen kein Platz. So erwuchs aus der Divergenz der Begriffssysteme ein Streit der Einzelwissenschaften, die sich widersprachen, statt sich zu ergänzen. Das Ziel aller Forschung, die dritte Wirklichkeit und ihre absolute Ordnung, trat ins Dunkel zurück.

Aber dieses Entwicklungsmoment wäre für sich allein vor dem Zeugnis der anorganischen Naturwissenschaft und ihrer Erfolge ohnmächtig geblieben, wenn nicht auch auf deren eigenstem Gebiete neue Entdeckungen die Problematik des verwandten Begriffssystems entlarvt hätten. Die Physik wurde gezwungen, das Begriffssystem, das sie als selbstverständlich zu unterstellen gewohnt war, Stück für Stück umzugestalten. Es stellte sich heraus, daß gewisse konkrete Erscheinungen, die bei Verwendung des gewohnten Ordnungsgerüstes sich nicht oder nur unter überaus künstlichen und komplizierten Hilfsmaßnahmen miteinander in Einklang bringen ließen, bei einer Umgestaltung dieses Ordnungsgefüges auf eine weitaus einfachere Formel gebracht oder gar unter einem gemeinsamen Gesetz zusammengefaßt werden konnten. Die Physik mußte streben, ihre verschiedenen Gebiete, Mechanik, Elektrodynamik, Optik, Thermodynamik, Chemie usw. miteinander zu verbinden, ihre Sondergesetze als Spezialfälle allgemeinerer Gesetze zu begreifen, die Zahl der Naturgesetze zu vermindern, ihre Form zu vereinfachen und ihnen einen allgemein gültigen, von dem Standpunkt des Beobachters unabhängigen Ausdruck zu geben. Diesem Streben opferte die Physik Stück für Stück des Ordnungsgerüstes unserer anschaulichen Welt, ergriff die von der Mathematik gegebenen Möglichkeiten, über die Anschauung hinaus zu anderen Ordnungsgerüsten fortzuschreiten und geriet in eine mathematische Symbolik, die mit dem Begriffssystem der naiven Welt, in der wir leben und handeln, wenig mehr zu tun hatte, ja sich schließlich jeder anschaulichen Übersetzung zu entziehen droht. Die Einzelheiten dieser auch heute noch nicht abgeschlossenen Entwicklung, in deren Verlauf die Begriffe der Substanz, die Vorstellung einer mit Eigenschaften begabten Materie verschwanden, der physikalische Raum seine euklidische Form, die Zeit ihre Auszeichnung vor dem Raume verlor, und schließlich die Punkte einer vierdimensionalen Mannigfaltigkeit mit einer endlichen Anzahl physikalischer Zustandsgrößen begabt wurden, mögen von den sich streitenden Physikern auf die eine oder andere Weise interpretiert werden: das Ordnungsgerüst des physikalischen Weltbildes entfernte sich von dem naiven wie von den der anderen Wissenschaften und blieb auch nach dieser seiner Verwandlung fragwürdig und weiter wandelbar.

Jetzt zerfiel auch innerhalb der Physik die zweite Wirklichkeit, also das Bild der dritten, in mehrere möglicheWirklichkeitsbilder verschiedener begrifflicher Struktur. Die uns bekannte Ordnung des Naturgeschehens ließ sich in verschiedenen Ordnungsgefügen darstellen. Welche aus den Möglichkeiten der Formulierung ist die richtige? Etwa diejenige, die mit der geringsten Anzahl unabhängiger Variablen auskam, die die Naturgesetze in den einfachsten und schönsten mathematischen Symbolen formulierte? Auch dann, wenn diese Vorzüge mit einem Verzicht auf die uns gewohnte Form des Raumes und der Zeit erkauft, mit einer Komplikation des zugrunde gelegten Ordnungsgefüges bezahlt werden mußten?

Aber so peinlich die Problematik dieser Fragen auch war, so traf sie doch die bisherige Anschauung von dem Verhältnis der drei Wirklichkeiten untereinander und einer jeden zu der Wahrheit nur in einer Teilthese, die vielleicht entbehrlich oder wenigstens der Verbesserung fähig war.

Wenn die Ordnungsgefüge wandelbar und deren mehrere möglich waren, so war das naive Ordnungsgerüst, von dem wir ausgingen, eben noch nicht das der absoluten Wirklichkeit, noch nicht das einzig mögliche und verpflichtend für alle Wissenschaften und ihre Wirklichkeiten.

Wenn so das bisherige Ordnungsgefüge noch nicht das letzte und absolute war, so konnten wir doch weiter annehmen, daß es ein solches wahres und letztes gab, daß wir uns ihm näherten und es am Ende erreichen würden. Die Vorstellung der dritten Wirklichkeit als einer vollkommenen, sich selbst genügenden Ordnung, blieb unerschüttert.

Nun aber verwickelten neuere Entdeckungen auch diesen Kernpunkt des bisherigen Glaubens in eine unerwartete Problematik. In allen bisherigen Wandlungen der physikalischen Grundbegriffe war die Kausalität unangetastet geblieben. Nun

stellten sich für das Geschehen im Kleinen, also in der Quantentheorie, Zweifel ein, ob man mit der bisherigen Form der Kausalität auskommen würde. Die eindeutige Determination des Geschehens wurde strittig. Lücken der Determination traten auf. Das Gesetz, die Abwandelbarkeit stetiger Veränderung, schien zu versagen. Die Geltung der Kausalität, mit ihr die eindeutige Determination, ist nur mehr für den großen Abschnitt unbezweifelt: hier aber kann sie kraft des Spiels der Wahrscheinlichkeiten aus einer ganz anderen Ordnung, ja, aus der Unordnung des Kleinen herauswachsen.

Hiermit ist die letzte der Eigenschaften strittig geworden, die wir jener dritten absoluten Wirklichkeit zu unterstellen gewohnt waren. Wenn es nicht wahr ist, daß diese Welt unter den Händen der Forschung sich als eine eindeutige, in sich geschlossene Ordnung erweist, dann stürzt mit dem Naturbild der letzten Jahrhunderte das ganze, auf dieses Naturbild gestützte Gebäude unserer Anschauungen; dann ist alles anders, oder kann wenigstens anders sein. Der Glaube an eine eherne Ordnung der Natur nach unveränderlichen, das All durchwaltenden Gesetzen, war die größte geistige Tatsache der letzten Jahrhunderte. Wenn dieser Glaube wankt, müssen Zweifel die Setzung dieser absoluten Wirklichkeit selbst umranken. Wozu dann diese Setzung? Warum sich dann nicht mit jener ersten Wirklichkeit begnügen, die zwar verwirrt, aber doch wenigstens bunt lebendig ist? Die Situation ist höchst eigenartig und von unbeschreiblicher Verwirrung. Unsere Kenntnisse reichen aus, jeden bisherigen Glauben in Zweifel zu ziehen, nicht aber einen neuen zu begründen. Die Physiker sind weder über die Ergebnisse ihrer Forschungen, noch über die weltanschaulichen Konsequenzen dieser Ergebnisse einig. Manche von ihnen sind Spiritualisten, andere Sensualisten geworden. Die spekulierenden Nichtphysiker aber, die den Problemen des lebendigen Geistes zugewandt sind, beginnen langsam, sich von dem Druck einer ehernen Naturordnung frei zu fühlen und nach allen Seiten in das weite, aber etwas neblige Land bloßer Möglichkeiten auszuschweifen, wo nun Wunder-, Aber- und Unglaube aller Art in dem Faltenwurf einer wissenschaftlichen Theorie kreuz und quer einherschreiten.

Aus solcher Verwirrung kehren wir zum Anfang zurück. Was wollten wir eigentlich, als wir die Mannigfaltigkeit des sinnlichen Gegebenen auf das objektive Sein einer absoluten Wirklichkeit bezogen? Wir wollten uns aus dem Schwankenden auf das Feste, aus dem Wechsel auf das Bleibende, aus der Unordnung in die Ordnung retten. Wie konnten wir von vornherein wissen, wie durften wir uns einbilden, zu wissen, ob, bis zu welchem Grade und auf welchem Wege uns das gelingen wird?

Zunächst ist die uns gegebene Mannigfaltigkeit vor allem Denken keineswegs ein Chaos. Sie besteht auch nicht aus Einzelelementen, den Empfindungen, die sich bald so, bald so, wechselnd verbinden. Diese Vorstellung ist das Erzeugnis einer ganz späten, noch dazu falschen Reflexion über das Gegebene, aber nicht das Gegebene selbst. Der schillernde Fluß des Erlebens ist durchweg von Formungen unbewußter und vorbewußter Herkunft durchzogen und von ihnen auf keine Weise zu trennen. Auch der Zusammenhang unseres in diesem Flusse um feste Formungen ringenden Ichs und seines Verstandes, ist erste Gegebenheit. Es ist also keineswegs einfach, diesem formenden Verstande Halt zu gebieten und bei der sinnlichen Gegebenheit als der ersten Wirklichkeit stehen zu bleiben, wie die Sensualisten tun.

Wenn wir nun den Tendenzen unseres Denkens folgend, zu der Setzung eines „objektiven" Seins fortschreiten, so haben wir einen gewissen, auch von den Sensualisten nicht zu leugnenden Erfolg. Es gelingt uns unbestreitbar, uns selbst und unsere Mitmenschen in Raum und Zeit einzuordnen und unsere Empfindungen auf relativ beharrliche Gegenstände einer in Raum und Zeit ausgedehnten Außenwelt zu beziehen, auf Dinge, die wir sehen, berühren und wieder vorfinden und deren Eigenschaften Veränderungen und Bewegungen wir durch Regeln miteinander verbinden.

Nun beginnt erst die eigentliche Schwierigkeit. Das erstaunliche Faktum, daß es uns gelingt, eine relativ beharrliche Ordnung zu formen, rechtfertigt noch keineswegs die Behauptung, daß die Ordnung, die wir formen, die absolute und schlechthin von uns unabhängige sei. Sie ist weder ihrem Anhang noch ihrer inneren Struktur nach fertig, auch nur relativ zu dem wirren Wandel unserer sinnlichen Welt beharrlich und offenbar in ihrer Besonderheit immer noch abhängig von der Besonderheit unserer Sinne, wie unseres Verstandes. Trotzdem will es uns nicht gelingen, diesen relativen Erfolg etwa aus unserem Verstande zu erklären und die entdeckte Ordnung als sein Werk auszugeben. Wir können zwar behaupten, daß die für die Welt der Zahlen geltenden Gesetze unserem Verstande angehören, ja, daß wir eben von der uns gegebenen sinnlichen Mannigfaltigkeit diejenige Schicht ablösen, die diesen Zahlenordnungen und den anderen Ordnungsgefügen gemäß ist – aber wir können nicht aus unserem Verstande ableiten, daß sich eine derartige Schicht überhaupt loslösen läßt und die Anwendung der Zahlen und ihre Gesetze auf die sinnliche Gegebenheit zu empirischen Gesetzen von der Art des Fallgesetzes oder der Himmelsmechanik führen muß. Die Eignung der sinnlichen Gegebenheit, sich auf diese Weise relativ ordnen zu lassen, kann nur aus dieser Gegebenheit selbst, nicht aber aus dem Verstande erklärt werden. Deshalb setzen wir eine absolute Wirklichkeit als den Grund dieser Eignung und müssen sie setzen. Wir setzen sie, aber wir wissen noch nichts über sie. Das Sein dieser absoluten Wirklichkeit kann uns noch nichts über ihr Sosein sagen, denn dieses Sosein ist ja durchaus abhängig von den Begriffssystemen, Ordnungsgefügen, Formgerüsten unseres Verstandes. Was wir fassen, ist ein Spiegelbild; der

Spiegel ist unser Verstand. Wir wissen nicht, inwieweit dieser Spiegel getreu und inwieweit er ungetreu ist. Er kann getreu sein, kann aber auch bis zur Unkenntlichkeit verzeichnen. Wir nehmen zwar mit einer gewissen logischen Berechtigung an, der Spiegel sei desto getreuer, je wunderbarer die Ordnung ist, die wir entdecken, und wären also der dritten Wirklichkeit da am nächsten, wo die entdeckte Ordnung am überraschendsten ist. Da wir nun weiter dazu übergingen, um gewisser Unordnungen willen von der Geschmeidigkeit und Ausdehnungsfähigkeit der mathematischen Formgefüge Gebrauch zu machen und den Spiegel selbst etwas zu verändern, nehmen wir an, daß derjenige Spiegel am getreuesten ist, welcher die einfachste und erstaunlichste Ordnung wiederzugeben vermag. So wurden wir verführt, mit der Vorstellung einer absoluten Wirklichkeit die einer lückenlosen Ordnung zu verbinden. Um der mathematischen Form und Einheitlichkeit dieser Ordnung willen, haben wir das verwandte Ordnungsgefüge seiner Anschaulichkeit entkleidet und in eine mathematische Symbolik höchster Abstraktion umgestaltet. Und nun entdecken wir auf dem Grunde dieser Ordnung, wenn nicht Unordnung, so doch das Recht die Ordnung zu bezweifeln. Aber vielleicht haben wir bei diesem Schluß von der Ordnung auf das Absolute einen Fehlschuß getan. Was durften wir schließen und was haben wir geschlossen? Wenn wir eine Ordnung empirischer Gesetzlichkeit fanden, deren Grund nicht in unserem Verstande liegen konnte, so durften wir den Grund dieser Ordnung in einer absoluten Wirklichkeit vermuten. Wir sind indes über diesen erlaubten Schluß hinausgegangen und haben unterstellt, daß diese absolute Wirklichkeit nicht nur einen Grund dieser Ordnung enthalten, sondern eine einheitliche in sich selbst fertige, von einer endlichen Anzahl von Gesetzen durchwaltete Ordnung sein müsse. Ja, wir haben den Begriff der von uns unabhängigen, absoluten Wirklichkeit selbst mit dem Begriff einer solchen lückenlosen Ordnung verkettet. Hierzu waren wir nicht berechtigt. Woher können wir wissen, daß eine von uns unabhängige Welt, in sich lückenlos und einheitlich geordnet und in dieser Ordnung beharrlich sei? Nur weil wir es so wünschen? Weil wir diese unabhängige Welt berechnen und dadurch beherrschen wollen und sie sich nur berechnen und beherrschen läßt, wenn sie in sich vollkommen, und zwar auf eine bestimmte Weise geordnet ist? Haben wir vielleicht den Wunsch zum Vater des Gedankens gemacht und diese dritte Wirklichkeit mit einem Zuviel an Eigenschaften beladen?

In der Tat: es kann sehr wohl eine von uns und unseren Sinnen unabhängige Außenwelt gedacht werden, der wir selbst angehören und von der unser sinnliches Erleben abhängig ist und die keineswegs eine fertige, in sich geschlossene Ordnung nach unveränderlichen Gesetzen ist. Vielleicht ist die Welt gar keine fertige Ordnung, sondern Ordnung mit Unordnung gemischt, um Ordnung ringend und in Bildung begriffen. Diese Annahme ist mißlich und unbequem, denn dann wäre das Ziel der Wissenschaft nicht erreichbar — sie ist aber nicht unerlaubt. Oder diese Ordnung kann so beschaffen sein, daß sie mit den uns gegebenen Mitteln, wie immer wir sie auch umgestalten und erweitern mögen, nicht, oder nur unvollkommen erfaßt werden kann. Auch diese Annahme ist unerwünscht, aber auch sie ist erlaubt. Wir müssen nach dieser Ordnung suchen: aber wir dürfen sie weder als eine vollkommenere und fertige voraussetzen, noch der vorausgesetzten eine besondere Struktur, die Meßbarkeit, die Determination nach eindeutigen Differentialgleichungen (Kausalität) usw. vor jeder Prüfung unterstellen.

Ein großer Physiker (PLANCK) glaubt, den gordischen Knoten zu durchhauen und bestimmt: „Wirklichkeit ist, was gemessen werden kann." Die Liebe ist eine ungeheuer wirkliche Tatsache, ihren eigenen Gesetzen folgend, und ist doch nicht meßbar. PLANCK würde vermutlich erwidern: das ist nicht die Wirklichkeit, für die ich mich interessiere. Ich interessiere mich nur für die physikalische. Aber diese Antwort, die den Physiker befriedigt, hilft dem Philosophen nicht weiter.

Man kann gewiß dekretieren, man nenne das Meßbare wirklich. Man kann aber nicht dekretieren, daß die gesamten Daten der ersten Wirklichkeit und ihre Beziehungen und Abhängigkeiten untereinander sich auf Größen beziehen und in Größen sollen ausscheiden lassen, daß also alles meßbar und daß dieses Meßbare eine sich selbst genügende, von allem anderen unabhängige Totalität sei, in der alles Gegebene seine Stelle hat. Man muß das statt zu dekretieren, von der Erfahrung erfragen. Auf diese Frage nun antwortet die moderne Physik nicht mehr mit der Sicherheit der alten.

Die Welt ist eine raumzeitliche, also vierdimensionale Mannigfaltigkeit. Jeder „Weltpunkt" d. h. also ein Raumpunkt in einem bestimmten Zeitpunkt, ist durch vier Koordinaten, drei des Raumes und eine der Zeit, festgelegt, von deren geometrischer Form hier abgesehen werden kann. Zu seiner vollständigen Bestimmung sind noch einige weitere Zahlen erforderlich, die seine physikalischen Zustandsgrößen bedeuten sollen. Nun wird zunächst behauptet, daß die Angabe all dieser Zahlen für jeden Weltpunkt die gesamte Welt und ihren Inhalt vollständig und eindeutig bezeichne. Wenn ich indes bei dieser Behauptung stehen bliebe, wäre das ganze Verfahren sinnlos. Wozu eigentlich diese etwas umständliche Art der Bezeichnung mit Zahlgebilden und Zahlgestalten, die nichts weniger als einfach sind? Und woher stammt der Glaube, daß es nichts gibt und geben kann, das nicht an solche Raum- und Zeitpunkte zu heften und als Größe zu messen wäre? Doch offenbar aus der Annahme, daß alle diese Zahlgestalten untereinander nach Regeln dergestalt zusammenhängen, daß sie eine auf sich selbst gestellte Einheit, eine sich selbst genügende Totalität bilden; dergestalt also, daß jede dieser Zahlgestal-

ten nach einem bestimmten System durch andere dieser Zahlgestalten eindeutig bestimmt, also in nichts von etwas außerhalb abhänge, was nicht wieder eine solche Zahlgestalt wäre. Denn der Sinn der Zahlgestalt ist die Regel, der sie untersteht. Man war nun bisher der Ansicht, daß die physikalischen Zustandsgrößen jedes beliebigen Weltpunktes durch die Zustandsgrößen der räumlich benachbarten Weltpunkte des vorausgehenden Zeitmomentes eindeutig bestimmt sind. Es ist das die These der physikalischen Kausalität, gestützt auf die ausschließliche Geltung stetiger Nahewirkungsgesetze und ausgedrückt in eindeutigen Differentialgleichungen, den Naturgesetzen. Man ist heute wohl ziemlich allgemein überzeugt, daß man für das Geschehen im Kleinsten des Kleinen mit dieser These nicht mehr auskommt. Nun kann man zweifellos an Stelle dieses kausalen Determinationssystems andere ausdenken, welche ebenfalls eindeutig, wenn gleich weniger einfach sind, weil sie andere als die benachbarten Weltpunkte heranziehen, auf die Alleinherrschaft von Nahewirkungsgesetzen verzichten und den determinierenden Gleichungen eine andere, weit komplexere Form geben müssen. Wenn wir nun heute in der Atomphysik vor gewissen Lücken der Determination stehen, so können wir nicht wissen, ob es uns nicht noch gelingt, diese Lücken, sei es auf dem Boden der alten Kausalität, durch Revision der bisherigen Zustandsgrößen oder Entdeckung neuer, sei es durch eine Änderung des Determinationssystems, auszufüllen. Wenn aber jemand, statt sich auf derartige bloße Hoffnungen zu versteifen, diese Determinationslücken hinnehmen und behaupten will, diese vierdimensionale Mannigfaltigkeit mit ihren Weltpunkten und physikalischen Zustandsgrößen sei gar kein in sich selbst geschlossenes und sich selbst genügendes System, weswegen dann derartige Lücken nicht nur auftreten können, sondern auftreten müssen, so kann ihm eine solche These bei dem jetzigen Stand der naturwissenschaftlichen Erkenntnis auf keine Weise verwehrt werden. Was würde nun aus solcher These für den Begriff einer absoluten Wirklichkeit und ihr Verhältnis zur physikalischen Erkenntnis folgen? Wir können erstens annehmen, daß die gesamte Wirklichkeit durch jene Zahlgestalten, welche die Weltpunkte und ihre physikalischen Zustandsgrößen bedeuten, vollständig bezeichnet sei, daß es also nichts gäbe, was nicht eine solche Zahlgestalt wäre oder sich in einer solchen ausdrücken ließe. Dann enthielten nach unserer These diese Zahlgestalten einige Elemente oder Werte, welche nicht von anderen Zahlgestalten nach Gesetzen abhängig, sondern schlechthin ungeordnet wären. Diese Elemente bedeuten dann z. B. Veränderungen völlig ungeregelter Art, willkürliche Sprünge als Ursachen ihrer selbst. Der uns bekannte Stand der Naturgesetzlichkeit wäre mit dieser These durch die Behauptung in Einklang zu bringen, daß sich der Effekt dieser willkürlichen Sprünge, die an das kleinste des kleinen gebunden sind, im Mittel des großen Ausschnittes ausgleiche. Diese erste Annahme bedeutet also: die absolute Wirklichkeit wird in der physikalischen vollständig erfaßt, ist aber keine lückenlose Ordnung. Alles was ist, ist meßbar. Das Meßbare ist aber unvollkommen geordnet.

Oder wir können zweitens annehmen: die gesamte Wirklichkeit wird durch die Weltpunkte und ihre Zahlgestalten nicht vollständig bezeichnet. Es wird nur diejenige Schicht erfaßt, die sich auf das von der Physik verwandte Ordnungsgerüst von Reihen und Größen übertragen läßt. Da diese Schicht sich nicht selbst genügt, treten in ihr Lücken der Ordnung auf. Hier ist das Meßbare nach einer Regel, die wir nicht kennen, abhängig von etwas Unmeßbarem, das in der Sprache der Physik nicht einmal ausgedrückt werden kann. Daher bedeutet diese zweite Annahme im Gegensatz zu der ersten: die absolute Wirklichkeit ist breiter und reicher als die physikalische. Sie wird durch die physikalische nicht einmal vollständig bezeichnet. Ihre Ordnung ist dem Ordnungsgerüst nicht völlig adäquat. Ob sie in sich vollkommen oder unvollkommen, fertig oder unfertig ist, wissen wir nicht. Sie kann beides sein.

Welcher von diesen beiden Annahmen sollen wir nun den Vorzug geben? Die Physik kann diese Frage nicht entscheiden. Ihre Kompetenz und ihr Interesse endet mit der mehr oder weniger resignierten Hinnahme von Determinationslücken. Wenn sie daran verzweifeln muß, diese Lücken mit physikalischen Mitteln auszufüllen, gilt es ihr gleich, ob sie mit außerphysikalischen Annahmen ausfüllbar sind oder nicht. Für die Philosophie aber, welche sich um die Einheit des Weltbildes zu bemühen hat, kann weder das Interesse an dieser Frage, noch ihre Entscheidung zweifelhaft sein.

Sie muß der zweiten Annahme vor der ersten den Vorzug geben. Nicht nur, weil die zweite eine Hoffnung offen läßt, welche die erste zerstört. Die Philosophie hat es nicht nur mit den Ergebnissen der Physik, sondern auch mit denen der anderen Wissenschaften zu tun. Sie weiß aus der Welt des lebendigen Geistes von Formungen und Ordnungen, denen mit dem Ordnungsgefüge der Physik nicht beizukommen ist. Solange man annahm, das physikalische Weltbild ergäbe eine in sich geschlossene, sich selbst genügende Ordnung, war es verständlich, wenn man um der Einheit des Weltbildes, diese Formungen zu leugnen, als bloßen Schein auszugeben unternahm oder wie z. B. in der Assoziationspsychologie, sich verzweifelt bemühte, sie mit der logischen Struktur des physikalischen Weltbildes für vereinbar zu erklären und auf seine Gesetzlichkeiten zu übertragen. Wenn das physikalische Weltbild gar keine in sich geschlossene Ordnung ergibt und Lücken in der Determination offen hält, die durch physikalisch faßbare Faktoren gar nicht ausfüllbar sind, so haben wir weder einen Grund, noch ein Recht, jenen Formungen anderer Struktur ihr Eigenrecht abzusprechen: Wir müssen ihnen

Raum geben und können sie in einer absoluten Wirklichkeit, welche die Physik nicht völlig zu erfassen vermag, mit der physikalischen Gesetzlichkeit zusammen bestehen lassen, ja vermuten, daß sie oder ihresgleichen überall da walten mögen, wo die Physik vor Lücken der kausalen Determination ihre Mittel versagen sieht.

Ich kann nicht vor aller Forschung wissen, ob die absolute Wirklichkeit in sich vollkommen geordnet ist. Ich kann noch weniger wissen, ob ihre Ordnung von einer unserem Verstande und seinen Mitteln faßbaren Art ist. Ich kann mich daher keineswegs darüber verwundern, daß das Weltbild der Physik mit seinen vier Dimensionen, seinen Weltpunkten und physikalischen Zustandsgrößen ungeordnete Stellen oder Determinationslücken aufweist. Ich hätte weit mehr Grund, mich zu wundern, wenn das nicht der Fall wäre, wenn also die absolute Wirklichkeit die Gnade hätte, nicht nur vollkommen geordnet zu sein, sondern sich gerade diesem, durchaus besonderen und absonderlichen Ordnungsgerüst zu fügen. Ich gebe zwar zu, daß ein großer Teil der mir gegebenen Mannigfaltigkeit sich auf diese Weise ordnen läßt und würde mich vielleicht dem Zeugnis dieser wunderbaren Ordnung, nämlich der uns bekannten Naturgesetzlichkeit, beugen, wenn sich nicht deren größter Teil zwanglos und ohne besonderes Wunder aus dem Ausgleich im Mittel der großen Ausschnitte, also aus dem Spiel der Wahrscheinlichkeiten erklären ließe. Da dies indes der Fall ist und daher die uns bekannte kausale Ordnung im Großen des Geschehens sowohl mit einer Unordnung wie mit einer mir unfaßbaren außerkausalen Ordnung im Kleinen des Geschehens zusammen bestehen kann, bin ich nicht mehr berechtigt, aus dem Großen auf das Kleine, aus dem mir bekannten Teil der Naturgesetzlichkeit auf den mir unbekannten zu schließen.

Die physikalische Wirklichkeit ist nicht die absolute. Sie verhält sich zu der absoluten, wie die geometrische Form einer grünen Wiese zu der Realität dieser Wiese mit ihrer Erde, ihren Gräsern und Käfern.

Die absolute Wirklichkeit ist breiter als die physikalische. Sie enthält physikalisch-unfaßbares, wie die Wiese geometrisch unfaßbares enthält.

Wir haben eben eine Schicht abgelöst und auf ein gewisses Ordnungsgerüst übertragen. Aber diese Schicht ist nicht das Ganze. Weil sie nicht als Ganzes auf sich selbst steht, ist sie keine sich selbst genügende Ordnung. Es müssen daher in ihr Lücken der Ordnung auftreten, wo die von uns feststellbaren physikalischen Zustandsgrößen nicht durch andere eindeutig bestimmt sind. Diese Lücken brauchen keine absolute Unordnung zu bedeuten: sie bedeuten nur eine Unordnung relativ zu dem angewandten Ordnungsgefüge.

Wende ich andere Ordnungsgefüge an, so treten vermutlich andere Lücken und Unvereinbarkeiten auf. Der eine Spiegel verzeichnet auf diese, der andere auf jene Weise — weil die angewandten Ordnungsgefüge der absoluten Wirklichkeit nicht adäquat sind. Es ist daher für die Frage nach der absoluten Wirklichkeit irrelevant und eine rein physikalische Zweckmäßigkeitsfrage ohne weltanschauliches Interesse, welches physikalisch-mathematische Ordnungsgefüge ich anwende. Ich kann verschiedene anwenden, wie ich auf die grüne Wiese lobatschewskische oder euklidische Geometrie anwenden kann. Es hängt durchaus von dem Stück Wiese und seiner Form ab, welche zweckmäßiger ist und die einfacheren Formeln ergibt. Das Leben der Käfer und Gräser faßt weder die eine noch die andere. Die mathematische Symbolik der modernen Physik ist also keineswegs die absolute Wirklichkeit. Sie hat vor der ersten Wirklichkeit eine relativ große Ordnung, Berechenbarkeit und Beherrschbarkeit voraus. Sie steht ihr indes an bunter Konkretheit und Fülle nach. Sie liest zwar einen Teil des Wirrwarrs auf, den wir in der ersten finden, zerstört aber auch manche der Formungen und Zusammenhänge, von denen die erste durchzogen ist. Statt indes zwischen dem Wirrwarr der ersten Wirklichkeit und der abstrakten Symbolik der zweiten, physikalischen, in Verzweiflung zu geraten und den Glauben an eine dritte absolute über Bord zu werfen, halte ich diesen Glauben fest, sehe diese dritte, ohne sie mit der Forderung einer fertigen Ordnung oder einer meiner Verstandesmitteln entsprechenden Struktur zu beladen und sehe in ihr den Grund einmal der ersten Wirklichkeit, ihres Wirrwarrs, wie ihre vorbewußten Formungen, dann jener empirischen Gesetzlichkeiten und Ordnungen, die ich in der zweiten erfasse, und weiter meines Verstandes und seines Ringens und Strebens. Wie diese drei in ihr zusammenhängen mögen — ist mir zu wissen verwehrt, zu vermuten freigestellt.

Der englische Physiker EDDINGTON, in seinem 1920 erschienenen Buche „Time, Space and Gravitation", bezeichnet das Verhältnis der physikalischen Erkenntnismöglichkeit zu der Natur der Dinge, das ist zu der dritten Wirklichkeit, in einem Gleichnis: eine Altertumsforschung nach Tausenden von Jahren entdeckt ein Buch mit zahlreichen Schachpartien, dargestellt in der Zeichensprache der Schachspieler. Die Forscher wissen nicht von Schach und Spiel, entdecken aber in den Zeichen gewisse Regelmäßigkeiten und Übereinstimmungen. Sie können nun zwar nach langen Untersuchungen die Spielregeln ausfindig machen. Die wahre Natur der Schachfiguren noch des Schachbrettes können sie nicht entdecken. Sie geben den Schachfiguren willkürliche Namen und unterscheiden sie nach ihren Eigenschaften. Sie können feststellen, daß die Orte des Schachbretts durch zwei dimensionale Ordnungsbeziehungen verknüpft sind, nicht aber, ob das Schachbrett aus Holz oder Pappe, die Felder Quadrate oder Rauten oder sonst etwas sind. Trotzdem können die Forscher für sich in Anspruch nehmen, das Schachspiel verstanden zu haben. EDDINGTON interpretiert nun dieses Gleichnis. Die aufgezeich-

neten Partien sind die physikalischen Experimente. Die Spielregeln sind die Gesetze der Physik. Das bald so, bald so gedachte Schachbrett ist der Raum oder die Zeit eines Beobachters, seine, der einen wie der anderen zugrunde liegenden Ordnungsbeziehungen sind die absoluten raumzeitlichen Ordnungsbezeichnungen. Die Schachfiguren sind die Elektronen oder Punktereignisse, ihre Bewegungsmöglichkeiten sind die von ihnen ausstrahlenden Beziehungsfelder, also die elektrischen und Schwerefelder. Unser Wissen von der Natur der Dinge ist, wie das Wissen der Altertumsforscher von der Natur der Schachsteine, daß sie Bauern und Figuren, nicht, daß sie aus Holz geschnitzte Gestalten sind. In dieser Beziehung mögen sie „Beziehungen und Bedeutungen aufweisen, die alle Träume der Physik weit hinter sich lassen".

Der englische Physiker hat es bei diesem Gleichnis auf das logische Verhältnis zwischen den relativen Ordnungsgefügen die wir anwenden, und den absoluten Ordnungsbeziehungen, die wir in ihnen erfassen, abgesehen. Man kann indes dasselbe Gleichnis noch in einer anderen Richtung weiter entwickeln, um hierdurch die Situation zu kennzeichnen, in welche die physikalische Weltansicht durch die seitherige Entwicklung der Atomphysik geraten ist.

Gesetzt, die Altertumsforscher kämen gar nicht auf die Idee, daß die vorgefundenen Zeichen ein von lebendigen Spielern nach Laune und Geschick gespieltes Spiel bedeuten könnten, sondern hätten sich, unter dem Eindruck einer gewissen, an diesem Zeichen und ihrer Aufeinanderfolge da und dort beobachteten Ordnung in den Kopf gesetzt, diese Zeichen wären ein Stück eines einzigen in sich zusammenhängenden Systems, das kraft dieser Ordnung dergestalt von eindeutigen Gesetzen durchwaltet werde, das überall ein Gleiches auf ein Gleiches folge und folgen müsse. Sie hätten mit dieser Hypothese für gewisse Stücke der überlieferten Zeichen Erfolg gehabt, für andere nicht. Es ist nur natürlich, daß sie um dieses sozusagen lokalen Mißerfolges willen nicht ihre sonst bewährte Hypothese aufgeben, sondern lieber behaupten werden, daß an diesen Mißerfolgen eine unvollständige Kenntnis oder Überlieferung der Zeichen die Schuld trage.

In diesem Gleichnis bedeuten die Zeichen die Summe unserer Kenntnisse, die in gewissen Stücken beobachtete Ordnung ist die physikalische Kausalität, die sich an der anorganischen Natur im Großen bewähren, vor der lebendigen wie vor der Geschichte des Menschengeistes aber zu versagen scheint. Die These ihrer absoluten Geltung ist die bisher übliche Weltansicht der Naturwissenschaft — das statische Weltbild, der in sich fertige, von ehernen Gesetzen durchwaltete Kosmos. Nun kommt ein furcht- und schamloser Witzbold und erklärt: seht ihr denn nicht, daß diese Zeichen weit davon entfernt sind, einem System eindeutiger Ordnung anzugehören? Die Ordnung an einigen Stellen beweist gar nichts. Sie ist nur ein Ausgleich im Mittel des großen Ausschnittes und kann der Unordnung entwachsen. Beobachtet genauer, steigt hinunter ins kleinste des Kleinen, eure Zeichen und die eindeutige Ordnung verschwindet! Versucht es einmal mit einer ganz anderen These! Denkt euch, das ganze wäre ein Spiel, euch unbekannt und sehr verwickelt und gespielt von einer Anzahl von Spielern. Die Spieler machen gute und schlechte Züge, launische, kluge und fehlerhafte. Ihr mögt daher über die Zusammenhänge zwischen den einzelnen noch so lange nachdenken — wenn ihr weder den Sinn des Spielers noch die Spieler kennt, werdet ihr nie erfahren, warum auf einen Zug in dem einen Fall diese, in dem andern Fall jene Antwort erfolgt. Die Physik übermittelt euch im besten Falle etwas von der Gebundenheit des Spieles an Spielregeln. Die wahre Wirklichkeit aber, die ihr doch sucht, ist der Sinn des Spieles und die Mühe der Spieler. Wenn ihr darüber etwas erfahren wollt, befragt die eigene Seele, ihr Sinnen, Ringen und Streben — vielleicht ist sie verdammt, das Spiel mitzuspielen und weiß daher etwas von ihrem Sinn! Und wenn ihr dann etwas von diesem Sinn erraten habt, dann versucht es einmal und behandelt diesen Sinn als die eigentliche Invariante der Welt und den Schlüssel, der die Zeichen deutet, die euch bekannte Gesetzlichkeit aber als eine bloße Oberfläche, deren Ordnung zum einen Teil dem Ineinander der vielen Spieler und der Verkettung ihrer Absichten und Fehler, zum andern den Spielregeln entstammt.

Dieser schamlose Witzbold ist ein möglicher Metaphysiker der neusten Naturwissenschaft. Die Krise des bisherigen Wirklichkeitsbegriffs verschafft ihm statt Hohngelächter und Entrüstung, der er vor kurzem noch gewiß gewesen wäre, heute mißtrauisches zwar, jedoch geduldiges Gehör. Dieser schamlose Witzbold eröffnet die Möglichkeit einer geistigen Umwälzung, deren Ausmaß wir eben erst zu erahnen beginnen.

Ein neues Weltbild wird möglich. Dieses neue Weltbild ist dynamisch, nicht statisch. Die Welt ist nicht fertig, sondern unfertig. Ihre Ordnung ist keine seiende, sondern eine werdende. Ihr Gleichnis ist nicht die vermeintliche Harmonie des Sternenhimmels und seiner ewigen Gesetze, sondern die Menschengeschichte, die ruhelose, in der sich nichts gleich bleibt — es sei denn der Sinn, die Mühe und das Schicksal.

Die Welternährung in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft[1].

Von MAX RUBNER, Berlin.

I. Abschnitt. *Der Welt-Stoffwechsel und Kraftwechsel der Völker.*

Ich habe schon vor einigen Jahren Mitteilung[2] über die Ergebnisse der Nationenernährung der wichtigsten Kulturvölker gemacht über Deutschland, Italien, Frankreich, England, Nordamerika und Japan, über eine Gesamtbevölkerungszahl von etwa 450 Millionen Menschen, also einen erheblichen Teil der Erdbevölkerung überhaupt.

Tabelle.

	Pro Kopf der Bevölkerung treffen täglich[3] in Gramm			
	Protein	Fett	Kohlehydrate	in Calorien
Japan[4]	81	29	485	2553
Italien	88	58	466	2612
Rußland, altes	79	43	473	2666
Deutschland	87	60	428	2770
Österreich, altes	81	57	478	2825
Frankreich	88	67	485	2973
England	90	105	403	2997
Nordamerika	89	—	430	—
Mittel	85,4	59,8	459,6	—

85,4 Protein	= 350,1	Calorien
59,8 Fett	= 556,1	„
459,6 Kohlehydrate	= 1884,4	„
Summe	2790,6	Calorien

Vorstehende Tabelle enthält den pro Kopf einer Bevölkerung entfallenden Anteil an Protein, Fett, Kohlehydraten und die Summe aller dieser Stoffe ausgedrückt in Calorien.

Im Gesamtdurchschnitt zeigen die Calorienzahlen, daß es keine Nation gibt, die als darbende, unterernährte gelten müßte, oder jedenfalls auch keine faulenzende Nation oder andererseits auch keine Übermäßiges leistende, denn solche Unterschiede würden sich in der Gesamtmenge der verzehrten Nahrungsmittel ausprägen.

Mit großer Wahrscheinlichkeit dürfen wir auch für jene größeren Völkerkomplexe der Erde, die noch nicht untersucht sind, eine Übereinstimmung mit den oben gezeigten Werten annehmen.

Bei einem fast gleichen Verbrauch von Energie pro Masseneinheit zeigen die Völkerstudien als zweitwichtige Tatsache auch ein *Gleichbleiben* der Menge des *Proteinverbrauchs* innerhalb mäßiger praktisch irrelevanter Breite der Schwankungen.

Dies ist besonders auffallend, weil wir in unserer Tabelle, wie wir später noch hören werden, Bevölkerungen mit ganz verschiedenen Eßsitten aufgenommen haben. Völker mit zum Teil fast vegetarischer Kost und solche mit gemischter Kost, darunter die Angelsachsen, die der Laie gern im Verdacht hat, ausgesucht starke Eiweißesser zu sein.

Also auch die vegetarisch lebenden Völker stehen im Eiweißkonsum hinter den anderen nicht zurück.

Was endlich das Verhältnis von Fett und Kohlehydraten anlangt, so zeigen sich bei den Völkern die größten Unterschiede. *Die Ostasiaten, die Japaner zeigen eine ausgesprochene Fettarmut in ihrer Kost* gegenüber dem Mitteleuropäer und dem Angelsachsen, wenn ich mit letzten Worten auch den Nordamerikaner mit einbegreife. Bei unseren europäischen Ernährungsformen müßten wir unsere Ernährung gründlichst umgestalten, um mit so wenig Fett auszukommen, wie es bei den Japanern der Fall ist.

Die großen Variationen in der Zusammensetzung nationaler Gewohnheiten zeigen uns noch zwei Tatsachen, einmal, daß die Quellen der Vitamine nicht so eng begrenzt sind, wie man zur Zeit meint, und ferner, daß die Versorgung mit Aschebestandteilen, die naturgemäß bei den verschiedenen Nationen sehr variabel ist, überall doch mindestens das Ausreichende und Nötigste zuführt.

II. Abschnitt. *Die Nahrungsmittel.*

Wenden wir uns nach den Einheitswerten des quantitativen Nahrungsverbrauches der Frage zu, womit stillen denn die Völker ihre Lebensbedürfnisse, so betreten wir ein Gebiet, auf dem die Natur uns die allergrößte Freiheit läßt; schon die Fülle von eßbaren Dingen ergibt unbegrenzte Möglichkeiten und Kombinationen. Von einheitlichen Zügen, von einer Ordnung, Gruppierung scheint man kaum reden zu können.

Jedes Volk, ja jeder Stamm, hält an Besonderheiten fest; der Europäer ißt im allgemeinen ein chinesisches Menü mit Schrecken und Abscheu, und der Chinese verachtet als barbarisch, was wir ihm darbieten. Ja, man braucht nicht weit zu reisen, um scharfe landsmannschaftliche Unterschiede auch bei uns zu finden. *Trotz der Vielseitigkeit der Erscheinungen ist es aber doch möglich, ganz bestimmte Gruppierungen von durchschlagender Bedeutung festzustellen.*

Betrachten wir aber nun die Kulturvölker nach ihrer Nahrungswahl, so ergibt sich folgendes Bild.

Von 100 Calorien sind

	in Italien	in Frankreich	in Deutschland	in England
Cerealien	63,7	55,2	40,8	37,7
Kartoffeln	1,9	6,7	12,0	6,3
Zucker	2,2	3,4	5,9	14,2
Fleisch	5,9	11,9	15,8	16,0
Milch	1,5	4,3	8,6	7,1

[1] Genehmigter Abdruck aus den Sitzungsberichten der Preußischen Akademie der Wissenschaften 1928, XIII—XVI, S. 159—183.

[2] 1920, Sitzungsber. der preuß. Akademie XI S. 341.

[3] Als Durchschnittsgewicht 45 Kilo zu rechnen.

[4] Umgerechnet von dem kleineren Körpergewicht der Japaner auf mittleres Gewicht der anderen Nationen.

Unter den jetzt untersuchten Völkern werden die extremen Möglichkeiten der Nahrungswahl nicht ausgenutzt. Nur bei den Japanern könnte man sagen, sie lebten im wesentlichen vegetarisch, denn 95% ihrer Kost entstammt dem Pflanzenreich.

Die Animalien sind den Pflanzen gegenüber seltene Nahrungsmittel, daher bewegen sich die animalischen Nahrungsanteile innerhalb engerer Grenzen. Im allgemeinen findet man nicht mehr als $^4/_{10}$ der Kost aus Animalien bestehend, und $^6/_{10}$ sind Vegetabilien. Zu den Animalien werden übrigens nicht nur Fleisch usw. gerechnet, sondern auch die tierischen Fette (z. B. Butter). Das Verhältnis der Animalien ist mit Japan = 1 beginnend, in Italien = 2, Frankreich = 4, Deutschland = 6, England = 8. Der relative Fleischkonsum wird in Italien = 1 gesetzt, in Frankreich = 2, Deutschland = 3, England = 3. Man weist also dem Engländer zu Unrecht ein übertriebenes Fleischbedürfnis zu. Zwischen Deutschland und England bestehen nur Unterschiede in der Art der Fleischsorten, welche genommen werden, in Deutschland viel Schweinefleisch und Wurstwaren, in England Hammel- und Rindfleisch. Deutschland und England genießen viel mehr tierisches Fett als andere Nationen.

Der Deutsche ist der einzige, in dessen Kost die Kartoffel eine größere Rolle spielt. Gemüse machen bei uns etwa $^1/_{20}$, das Obst $^1/_{40}$ unserer ganzen Nahrung aus. Der Engländer genießt am wenigsten Gemüse, nämlich nur $^1/_{60}$—$^1/_{70}$ des ganzen Nahrungsbedarfes; die Kost der Italiener ist die einzige, welche nennenswerte Früchte aufführt (9,9% der ganzen Kost).

Was die Gründe für die verschiedene Wahl der Nahrung bei den einzelnen Nationen sind, läßt sich in Kürze nicht darlegen. Der Grundgedanke scheint zunächst der wahrscheinlichste, ein Volk wird sich von dem nähren, was das Land an Nahrungsmitteln produziert. Allein es zeigt sich doch die Unmöglichkeit, diesen Gesichtspunkt allein als maßgebend zu betrachten. Nicht der Fleischmangel zwingt den Menschen stets zu einer vegetarischen Kost. Es gibt Länder, welche die *Haustiere* nur als *Zugtiere* benutzen und weder die Milch der Kühe noch das Fleisch benutzen.

Der volkswirtschaftliche Nachteil der völligen Vernachlässigung der Viehwirtschaft als Nahrungsquelle liegt auf der Hand.

Zweifellos hat in vergangener Zeit, als der Welthandel noch nicht bestand, die Eigenproduktion einen bestimmenden Einfluß ausgeübt, heute kennen wir Nationen, die zwar die altgewohnten Ernährungsformen beibehalten haben, zur Deckung ihrer Bedürfnisse aber ganz auf den Import angewiesen sind und durch diesen nur allmählich Veränderungen ihrer Nahrungsversorgung einleiten.

Die bisherigen Untersuchungen haben gezeigt, daß die genauer bekannten Kulturvölker, mit Ausnahme der Japaner, von einer gemischten Kost leben, die zu $^4/_{10}$ aus Animalien besteht.

Ein weiteres Scheidungsprinzip läßt sich zunächst nicht finden. Ganz anders gestaltet sich das Verhältnis für die Massenernährung, wenn wir nur eine Nahrungsmittelgruppe, die Cerealien, näher betrachten und damit dann die Weltproduktion an Cerealien mit in Zusammenhang bringen.

Von letzteren gibt es nur eine beschränkte Zahl, welche für den Menschen praktisch in Betracht kommen, nämlich nur Weizen und Roggen (Gerste und Hafer) einerseits, Reis und Mais andererseits; gemischte Ernährungsformen zwischen beiden Hauptgruppen kommen eigentlich nicht oder nur in wenigen Ausnahmefällen bei den Weizen- und Roggenessern vor.

Die Völker trennen sich, indem sie als Cerealien die eine oder andere Art benutzen, in die Gruppe der Brotesser und Reis- oder Breiesser, letzteren Namen hat man gewählt, um zu sagen, daß Mais und Reis nur in gequollenem Zustand aufgenommen werden. Auf die Frage, ob die Breiform der Cerealien in längst vergangenen Zeiten die primäre war, gehe ich nicht ein, da sie hier nicht interessiert[1].

Wie man aus der Weltstatistik sieht, gehört die Mehrzahl der heutigen Einwohner, nämlich $^3/_5$, zu den Brei-, hauptsächlich Reisessern und nur $^2/_5$ zu den Brotessern, welche Weizen und Roggen verwenden.

Die Bedeutung, die in der Herstellung des Brotes als Nahrungsmittel liegt, hat man bis jetzt nicht ausreichend gewürdigt.

Was bedeutet das Brot im täglichen Leben? Das Brot ist eine auch kalt zu genießende, dauerhafte Konserve.

Durch das Brot wird ein erheblicher Teil der Nahrung aus dem üblichen Verband der Mahlzeiten herausgenommen. Und in diese *Lücke* müssen andere Nahrungsmittel hineinrücken, irgendwelcher Art; zumeist sind es die Animalien gewesen, welche bei den Brotessern die Ergänzung brachten. Das Brot führt also auch zur Belebung der Mahlzeit und Variation und zur gemischten Kost. Es ist auch merkwürdig, daß die Röstung des Mehles bei dem Backen dem Brot Geschmacksstoffe verschafft, die ein Abgegessensein an Brot eigentlich fast nie beobachten lassen. Das Brot ist trotz seines geringen Wassergehaltes kein zu trockenes, wohl aber ein gehaltvolles Nahrungsmittel.

Die primitivere Lebensform der Reisesser verfügt nur über sehr voluminöse wasserhaltige Gerichte, die sozusagen für jede Mahlzeit, von wenigen Formen der Zubereitung abgesehen, täglich wieder am Feuer zubereitet zu werden pflegen.

Unter den Brotessern haben wir sozusagen alle Völker mit hochentwickelter Kultur, und auch die Japaner bereiten sich vor, die andere Ernährungsform zu wählen.

Die gemischte Kost der Brotesser zeichnet sich wegen der Mitverwendung von Animalien durch

[1] Näheres findet sich bei MAURIZIO, Geschichte unserer Pflanzennahrung. 1927.

höheren Fettgehalt aus und ist deshalb konzentrierter an Nährstoffen. Bei den Brotessern sehen wir stets auch nebenbei die *Viehzucht* im Gebrauch, das Fleisch der Jagdtiere und die Viehzucht liefern den *Grundstock der Hauptmahlzeiten*.

Endlich basiert auf der Viehzucht auch die ganze Bekleidungs*wirtschaft*, die Beschaffung des Leders, durch die Wolltiere die Beschaffung wärmender und gesundheitlicher Kleidung.

Bei den reinen Breiessern und jenen die keine oder vernachlässigte Viehwirtschaft trieben und treiben, ersetzt die Baumwolle oder allenfalls die Seide nur unvollkommen das tierische Bekleidungsmaterial.

Von den beiden *brotbildenden* Getreiden nimmt der *Weizen* die erste Stelle ein. In der gesamten Getreidewirtschaft der Welt steht mit zunehmendem Anbau der Weizen mit 130 Millionen Tonnen voran. Daneben haben wir 43,4 Tonnen Roggen, der nicht einmal allein zur Menschenernährung dient und sichtlich im Bau zurückgeht.

In Europa ist		
die Weizenproduktion	54,9	Mill. Tonnen
die Roggenproduktion	41,8	„ „
In Amerika ist		
die Weizenproduktion	41,2	Mill. Tonnen
die Roggenproduktion	1,4	„ „
In Asien ist		
die Weizenproduktion	26,5	Mill. Tonnen
die Roggenproduktion	0,2	„ „

Der Roggenbau konzentriert sich also auf Europa, er ist außerhalb als Brotbildner ohne alle Bedeutung.

An Roggen wurde 1925 geerntet:

In Deutschland	8,1	Mill. Tonnen	neben 3,2 Mill.
„ England	—		[Tonnen Weizen
„ Frankreich	1,1	„ „	
„ Rußland	20,8	„ „	neben 18,0 Mill.
„ Polen	6,6	„ „	[Tonnen Weizen
„ U.S.A.	1,2	„ „	
„ Canada	0,3	„ „	

Die einzigen *drei Roggenländer* sind heute noch Deutschland, Polen und Rußland, aber selbst Rußland erzeugt neben Roggen reichlich Weizen, so daß Deutschland eine Ausnahmestelle einnimmt. *Das eigentliche Brotgetreide der Welt ist jetzt und bleibt offenbar der Weizen.*

Der Reis ist das Hauptnahrungsmaterial des Breiessers, angebaut hauptsächlich in den Monsunländern Süd- und Ostasiens. Unter den Produzenten steht an erster Stelle China, dann folgt Britisch-Indien. Der Reishandel zu Nahrungszwecken ist im Verhältnis zur Produktion gering. Die Bedeutung des Reises für einzelne Länder geht aus folgender Tabelle über die Produktion hervor:

Der Reis verbleibt also wesentlich in Asien als hauptsächliches Nahrungsmittel, was von ihm sonst in der Welt verbraucht wird, hat wenig Bedeutung.

Der Mais, der auch zu den Massenprodukten der Cerealien gehört, spielt für die menschliche Ernährung keine sehr wesentliche Rolle. Die Maisproduktion nimmt zu, *Amerika ist der Hauptproduzent*, er liefert drei Viertel der ganzen Welt-

Tabelle.

	1926 Millionen Tonnen	
Italien	0,69	1,04 (Europa)
Sonstiges Europa	0,35	
U.S.A.	0,8	1,68 (Amerika)
Sonstiges Amerika	0,84	
Britisch-Indien	46,13	199,36 (Asien)
Japan	11,17	
Südchina	6,08	
Siam	4,95	
Niederländ.-Indien	5,05	
China	120,0	
Sonstige Länder	5,0	

ernte. Rußland ist von der Gerstenfütterung der Tiere mehr und mehr zur Maisfütterung übergegangen, den Maishandel unterhält Argentinien, während der Hauptproduzent, die U. S. A., den größten Teil für die *Viehzucht* des eigenen Landes aufbraucht.

Im Zusammenhang hiermit sei noch die Kartoffel erwähnt. Sie gehört zwar nicht zu den Cerealien, hat aber dort, wo sie sich eingenistet hat, das Brotgetreide etwas zurückgedrängt, so etwa wie der Reisbau dem Brotkornbau in Italien einstmals gefährlich wurde.

Wir haben im allgemeinen übertriebene Vorstellungen von der Bedeutung der Kartoffel für die Volksernährung. *Die Kartoffel spielt in der Welternährung überhaupt keine größere Rolle.* Merkwürdigerweise nicht einmal in ihrem Mutterlande, in Amerika; für die heutige Verbreitung der Kartoffel scheint im wesentlichen der Stand der Schweinezucht maßgebend zu sein, weniger die Menschenernährung.

Heutzutage sind nur *Deutschland, Rußland, Polen* die hauptsächlichsten Kartoffelproduzenten und Kartoffelesser.

Die Gesamtproduktion an Kartoffeln beträgt in Mill. Tonnen

in Deutschland	30,0
Rußland (+ asiat. Rußland)	50,8
Polen	24,9
England und Irland	6,8
Nordamerika	9,7
Canada	2,0

Früher war Deutschland der erste Kartoffelproduzent, jetzt tritt es hinter Rußland zurück. In unserer Ernährung macht die Kartoffel 12% des Gesamtnahrungswertes aller Nahrungsmittel aus. Technischer Verbrauch und Viehfütterung verschlingen auch bei uns ganz erhebliche Mengen. Der Verbrauch für den Menschen geht anscheinend zurück.

III. Abschnitt. *Der Wandel der Ernährungsformen bis zur Gegenwart.*

Es hat großen Reiz, auch noch in die Vergangenheit zurückzugreifen und sich zu belehren, wie die gegenwärtige Ernährung entstanden sei, freilich ist das Material zu solchen Betrachtungen etwas unsicher, weil uns zahlenmäßige Angaben aus älteren Zeiten vollkommen fehlen. Auch muß ich

mich meist auf europäische Verhältnisse beschränken.

Was wir moderne und heutige Ernährung nennen, ist erst in ungemessenen Zeiträumen mit der Entwicklung des Menschen entstanden.

Wir lassen die Perioden der Geschichte, die uns doch keine Sicherheiten geben können, beiseite, so sehen wir in dem alten Reich der Ägypter schon die Brotbereitung auf hoher Stufe stehen. Die alten Ägypter waren Wohlschmecker ersten Ranges, die Tischchen mit Totenspeisen waren bedeckt mit Früchten, Broten, Kuchen, Fleischstücken, Geflügel, Eiern, Wein und Ölkuchen und Blumensträußen.

In eines Königs Grabpalast fand man sechs Sorten Weine, fünf Sorten Geflügel, vier Sorten Bier, zehn Sorten Fleisch, sechzehn Sorten Brot und Kuchen.

Das Brot bildete ein Hauptnahrungsmittel wie heute bei uns. Das Korn wurde entweder zerstampft, aber es gab Schrotmehl und Feinmehl, und auch in Mühlen wurde Korn gemahlen und dabei gesiebt. Die Brotfrucht war der Weizen. Der gärende Teig wurde mit bloßen Füßen getreten, dann gab man ihm die Form, Kuchen, Sternchen, Dreiecke, Schnecken wie heute. Gebacken wurde an geheizten Öfen, auf deren Außenfläche der Teig aufgelegt wurde.

Von Ägypten aus kamen diese technischen Ergebnisse allmählich zu anderen Völkern. Die gemischte Kost der alten Ägypter entspricht durchaus selbst modernen Verhältnissen. Die Verwendung des Fleisches von *Haus- und Schlachttieren*, die Verwendung der Milch, des Brotes und Mehles und des Käses als Nachspeise bei den Römern war allezeit die Kost der Vornehmen. Und was man später so tadelnd als Überschwang der römischen Kost verwarf und mit Recht, war niemals die eigentliche Volksernährung, welch letztere sich in einfachen Formen bewegt haben wird, eine gemischte Kost aus Animalien und Vegetabilien, in den Zutaten schwankend nach den Provinzen. Wohin die Römer kamen, brachten sie die Essensform als Ausdruck ihrer Zivilisation.

Was uns in hohem Maße auffällt, ist der allmähliche Umschwung im Anbau des Brotgetreides, der allmählich den Roggen verläßt und zur Getreidekultur übergeht und, wo das nicht möglich ist, den überseeischen Import in Anspruch nimmt.

In Frankreich wie in Italien, wo auch erst Roggen neben Weizen Verwendung fand, ist der Roggenbau dem Weizenbau allmählich gewichen. Canada, Australien und Britisch-Indien, soweit Brotgetreide gebraucht wird, sind Weizenesser. Dazu gehört auch Nordamerika, wo der Mais bei der menschlichen Ernährung nur nebenbei benutzt wird. *Alle Romanen, Angelsachsen, die Schweizer, ein Teil von Süddeutschland sind Weizenbrotesser.* Was sonst noch an Cerealien im Gebrauch ist, ist alles dem gewichen.

Nur Teile von Deutschland, d. h. der Osten, Rußland, Polen sind vorläufig noch Schwarzbrotesser und Roggenländer geblieben. Vor 100 Jahren war in England und in Irland Roggenbrot viel verbreitet, heute ist es dort eine Seltenheit. *Der Roggen verlor sich in Frankreich allmählich schon vor der Revolutionszeit.* In den französischen Städten herrschte seit fast zwei Jahrhunderten das Weizenbrot. Die Ansprüche an ein gutes Mehl waren in Frankreich schon im 16. und 17. Jahrhundert höher als anderwärts. Überall wollte man gebeuteltes, d. h. kleiefreies Mehl haben. Es gab Brot für die verschiedenen Stände. Das feinste Weizenbrot für den oberen Adel und Hof, ein Hausbrot oder bürgerliches Brot und das dritte Pain bis, ein schwarzes Brot mit Kleie, und viertens für die Ärmsten Brot mit besonderem Kleiezusatz.

Die Brotfrage hat mit zum Ausbruch der Französischen Revolution beigetragen, und der erste Schritt war der, daß die Brotversorgung und die Einteilung des Brotes nach Ständen aufgehoben wurde. Die Brotfrage hat das ganze 19. Jahrhundert beschäftigt, sie gehört noch heute zu den Tagesfragen und zeigt, mit welcher Zähigkeit einzelne Probleme verfolgt werden. In mühevollem Ringen hat die Technik alter Ordnung, die als Flachmüllerei bezeichnet wurde, Kleie und Mehl getrennt und etwa 65% brauchbares Material geliefert, die moderne Hochmüllerei, besonders für den Weizen angewandt, bringt es auf 80% Ausmahlung. Der ganze Brotkampf des 18. Jahrhunderts drehte sich um die Beseitigung der Kleie. Das 19. Jahrhundert wollte in der Kleie wieder besondere Nährwerte entdecken, bis man nachzuweisen in der Lage war, daß aus rein morphologischen Gründen niemals aus ihr Verdauliches geschaffen werden kann, und daß die Natur des kleiereichen Mehles der Verdauung unter keinen Umständen günstig ist.

Vor wenigen Jahren konnte ich auch zeigen, daß die Kleiebeseitigung vom ökonomischen Standpunkt kein Nachteil ist, weil die Verfütterung an Tiere in Fleisch und Tiermast hochwertige Nährstoffe dem Menschen zu gewinnen erlaubt, in demselben Maße wie er auf den verdaulichen Teil der Kleie verzichtet.

Inzwischen ist die Bewegung der großen Massen bei uns im Verlangen nach Weißbrot, d. h. Weizenbrot, immer lebhafter geworden. Mit Sorge sieht der Roggenbauer in die Zukunft, die Frage der Möglichkeit der Umstellung des Roggenbaues in Weizen muß ernstlich in Aussicht genommen werden. Solche Möglichkeiten gibt es. Es ist vielleicht wenig bekannt, daß der Getreidebau in Amerika erhebliche Krisen durchgemacht hat und Krankheiten aller Art die Ernte vernichtet haben und große Strecken für Weizen unbebaubar waren, bis CARLTON auf den Gedanken kam, im Ausland nach geeigneten Weizensorten zu suchen, die das rauhe Klima seiner Heimat vertragen. Er fand in der Turgaisteppe einen herrlichen Weizen, Kubanka durum, der im Nordwesten der Vereinigten Staaten heimisch geworden ist, und den Charkow-Winterweizen. Auch umfangreiche Züch-

tungen in Deutschland haben gezeigt, daß man auf dem Wege der Vererbungszüchtung zu Weizen kommen kann, welche auf vielen Roggenböden gut gedeihen.

Außer Roggenbau und Weizenbau hatten wir in Deutschland Perioden der Einwanderung anderer Cerealien, die, wie sie gekommen, auch wieder verschwunden sind. Namentlich nach Mißernten hat man auf das Mitverbacken der verschiedenartigsten Dinge zurückgegriffen, auf die hier nicht weiter eingegangen werden soll, auch nicht auf die Aussaat von Mengekorn, d. h. verschiedenartiger Körnerfrüchte nebeneinander. Von den wieder verdrängten Körnerfrüchten mag genannt sein die *Hirse* und der *Buchweizen*.

Hafer zu menschlicher Ernährung ist als Grütze nur bei den Slawen und in einzelnen Teilen Schottlands zu finden. Mit den Schotten ist die Hafergrütze auch nach Amerika gekommen.

Haben sich auch die Leguminosen über 2000 Jahre und noch länger mehr oder minder bedeutungsvoll unter den Volksnahrungsmitteln erhalten, so haben sie es doch nie zu einer großen, allgemeinen Anwendung gebracht. Auch unsere modernen Bemühungen, ihnen wenigstens in den Volksküchen einen Platz zu sichern, sind völlig fehlgeschlagen.

Wir finden jetzt einen ausgesprochenen Niedergang des Anbaues der *Leguminosen*.

Die vorstehenden Betrachtungen haben uns ein wechselndes Bild der Volksernährung gezeigt: das Beibehalten der Grundernährungsformen über Jahrtausende, dabei aber doch wieder den Einbruch fremder Bodenkulturen und ihr Vergehen. Seit einem Jahrhundert oder vielleicht, besser gesagt, seit einem halben Jahrhundert sind die Wandlungen der Kultur recht häufig und umfangreich geworden. Seit dem Zeitalter der großen Seefahrer, der Entdeckung Amerikas und Ostindiens, hat man wohl eine Reihe neuer Nahrungsmittel kennengelernt, ohne aber die Grenzen zwischen Brot- und Breiessern nennenswert zu verschieben. Das Bleibende der neuen Berührung mit dem Auswärtigen blieben eigentlich nur die Genußmittel Tee, Kaffee, Kakao, Tabak, die ersten drei bedeutungsvoll, weil sie alte Ernährungsformen — die Suppen als Frühstück — sozusagen allgemein verdrängt haben und nützend, weil sie doch für einen großen Teil der Bevölkerung den Genuß des Alkohols sicher vermindert haben.

IV. Abschnitt. *Die Zukunft.*

Anscheinend laufen seit Jahrhunderten oder Jahrtausenden die beiden Grundernährungsformen der Menschheit nebeneinander her. Von beiden ist die Form der Breiesser die ältere, aber innerlich in ihrer Ausgestaltung die konservativere, während wir bei den Brotessern ein fortwährendes Ringen um Verbesserung gesehen haben. Aller Wahrscheinlichkeit nach bestimmte das Entstehen des Brotessens einiger Nationen ihre Bodenständigkeit im gemäßigten Klima, wo die Kultur der an südtropisches Klima und tropisches Klima gewöhnten Cerealien nicht in Frage kam. Die Härte der Lebensbedingungen erzog ein kräftiges, kampfbereiteres Geschlecht, die zahllosen politischen Umwälzungen, der Auf- und Niedergang von Völkern erheischt fortwährend Kampf um die Existenz, Verbreitung der Kenntnisse, neue Existenzbedingungen und außerdem auch die Eroberung neuer Gebiete, und wandernde Völker verbreiteten die Kenntnisse ihrer Kultur und erfuhren die Beeinflussung der Fremden.

Aber es muß noch etwas Besonderes im Menschen sein, was ihn oder doch manche Völkerschaften dazu bringt, immer wieder nach Neuem, Besserem zu suchen.

Von allen treibenden Kräften zu Verbesserungen steht der Anspruch, der durch den Geschmackssinn in erster Linie erhoben wird. Man denkt meist nicht daran, daß unsere ganze Wahl der Nahrungsmittel von diesem Gesichtspunkt aus geleitet wird. Alles, was wir an Nahrungsmitteln kaufen, wird nach einem für uns nicht näher zu erklärenden Geschmackswert gekauft. *Der Geschmackswert bestimmt den Preis*, eine Skala nach dem Preiswert umfaßt, nach dem physiologischen Nährwert betrachtet, die allerverschiedensten Mengen an Nährstoffen und Qualitäten.

Der Geschmackswert wird aber niemals nur nach der Eigenschaft der rohen Substanz des Handels, sondern bei den meisten nach dem Geschmackswert beurteilt, den die Substanz als *fertige Speise* bietet, also gewissermaßen nach dem Küchenwert.

Diese Geschmackswerte sind zum Teil solche, die man ohne weiteres, wie etwa beim Zucker, welchen alle Menschen als etwas Angenehmes schätzen, empfindet.

Und endlich bedingt das Behagen, das eine Kost oder Speise uns bereitet, eine bestimmte Wertschätzung. Es mögen dabei nicht immer sehr klare Vorstellungen von der Art der körperlichen Wirkung sein, welche auf die Massen Einfluß gewonnen haben, Vorstellungen, die vielleicht in dem allgemeinen Ausdruck der „Bekömmlichkeit" zusammengefaßt werden mögen, für die man dann glattweg den Ausdruck „gesund" wählt.

Wenn auch der einzelne seine eigenen Lebenserfahrungen macht, so wiegen diese nicht so schwer wie die Beeinflussung unserer Nahrungswahl durch die Erziehung im weitesten Sinne des Wortes, d. h. die traditionelle Lehre von den Nahrungsmitteln. Jede Tierspezies hat ihre besonderen Nahrungsneigungen, und so gibt es eben typisch menschliche Züge in der Nahrungswahl, die rein nationale Färbung tragen.

Ein kleines Kind kann erst durch lange Überredung dazu gebracht werden, stinkende Käsesorten für etwas zu halten, was begehrenswert sein soll; das natürliche Gefühl sträubt sich zuerst gegen dieses Nahrungsmittel.

Ebenso können auch andere Motive für die Wahl und Bereitung rein suggestiver Art be-

stimmend sein. Ein *Vegetarier* wird aus seiner Liste alle Dinge als ungesund streichen, die von Tieren herrühren. Er sieht auch in einem zunächst wohlriechenden und wohlschmeckenden Nahrungsmittel etwas Ungesundes. In ganz dem gleichen Sinne wirken *„elektiv"* auf die Nahrungsmittel alle diejenigen *religiösen Vorschriften*, die auch heute noch bei einzelnen Völkern und Stämmen sich finden.

Es mag auch darauf hingewiesen sein, daß manche Dinge an sich nicht einen hohen Küchenwert haben, sondern nur *in Kombination mit anderen Nahrungsmitteln*. Eine nationale Küche ist also etwas sehr Komplexes, weil in ihr durch lange Erfahrung solche Kombinationen sich ausgebildet haben, durch welche ein hoher Genußwert gesichert wird, wobei denn auch die *Getränke*, auf die ich hier nicht eingehe, eine bedeutungsvolle Rolle spielen können.

Die traditionellen Geschmackswerte und Nahrungstriebe sind von einer ungemeinen Widerstandskraft und erhalten sich gegen alle künstlichen Versuche, sie umzugestalten. Sie sind auch so charakteristisch, daß bei uns noch die Eigenarten einiger Volksstämme nach *Lieblingsspeisen* charakterisiert und benannt werden.

In diesen Geschmackswerten liegt aber keineswegs nur Unwert und Luxus, vielmehr geben sie (schon das Aussehen und der Genuß vieler Speisen) eine Anregung für die Sekretion der Verdauungssäfte und Erleichterung der Verdauung. Geschmackswerte und ungestörte, leichte, unfühlbare Verdauung sind wesentlich für die Beurteilung der Marktpreise und des Wertes. Es würde zuweit führen, an dieser Stelle noch tiefer auf die nervösen Einwirkungen und Rückwirkungen einzugehen.

Von zwei Momenten wird der Antrieb zur Veränderung beherrscht. Zunächst von den Gewohnheiten der Städter. Der Ernährung der Landbevölkerung mit ihren relativ einfachen Sitten und konservativen Neigungen steht der Städter mit einer verfeinerten Kost im Durchschnitt gegenüber; die Stadtkost ist mannigfaltiger, gewählter, und wird erheblich beeinflußt von den Intellektuellen und der Kultur im allgemeinen. Die Relation von Stadt und Land bedingt den Trieb des Volkes zu Veränderungen. Wir vergessen bestimmt nicht, daß seit weniger als einem Jahrhundert überall in den Kulturstaaten das Städtewachstum mehr oder minder beschleunigt sich durchsetzt. Das zweite Moment, welches ausschlaggebend ist, ist ein soziales.

Die Preiswerte nach den Geschmackswerten und Bekömmlichkeiten haben bei jedem Volk eine große Bedeutung, auch bei uns, *denn sie sind die Stufenleiter, auf der sich die Wünsche der großen Massen nach oben zu bewegen versuchen*, nach dem höheren Geschmackswert. Denn die Nahrung ist stets ein Ausdruck für *soziale* Unterschiede gewesen und wird es bleiben. Diesen Trieb nach aufwärts kann nichts ändern als die Not.

Sobald sich eine Besserung der Einkommensverhältnisse bei der großen Menge geltend macht, wird zunächst die Kost verbessert, in zweiter Linie die Kleidung, in dritter die Wohnung. Den ersten Anstoß erlebt, wenn die Verhältnisse er erlauben, der Fleischkonsum, meist nicht in quantitativem Sinn, wohl aber qualitativ, indem statt billiger Ware Besseres eingekauft wird. Von den billigen Wurstwaren strebt der Konsum nach Besserung, nach Koch- und Bratfleisch.

Ähnlich auf dem Gebiete der Vegetabilien. Höhere Kultur im Essen bedeutet nicht Mehressen und Massenverzehr, sondern den Austausch minder geschätzter Nahrungsmittel mit gewählteren.

Maßgebend ist nicht allein Massenansammlung von Menschen in Städten, sondern eine starke, geistig leistungsfähige Oberschicht, welche die treibende Kraft darstellt, und ein gewisser Grad von ausreichender Lebenshaltung bei den Massen.

Wenn wir jetzt in nachrevolutionärer Zeit diesem *Aufstieg der großen Massen begegnen*, wenn wir die Umwandlung des Geschmackes gegen Roggenbrot sehen, so gibt es keinen Halt auf diesem Wege. Wir begreifen aber die Empfindungen des Landmannes, der plötzlich das Produkt seiner Arbeit, wie den Roggen, entwertet sieht. Übrigens hat sich bei dem Brote ein solcher Umschwung schon seit langem vorbereitet. Von Süden und Westen allmählich vorgedrungen ist die bessere Mühlentechnik. Die österreichische Backweise für *Kleinbrot* gewinnt allmählich an Boden, und so wird es auch fürderhin bleiben, ja wir befürchten, daß die Verbreitung des Weizenbrotes ein beschleunigtes Tempo annehmen wird. *Jetzt sind die großen und mittleren Städte die Stellen der Propaganda für Weizenbrot.* Und auch das flache Land wird mit seinen Bezirken, die in der Nähe der Städte liegen, schon heute mit hineingerissen.

Für die Massen, welche diese Bewegung einleiten, ist die Triebfeder der bessere Geschmack des Weizenbrotes, die bessere Bekömmlichkeit, die vielfachere Verwendbarkeit des Weizenmehles zu Gebäcken aller Art. Man kann gewiß nicht behaupten, daß die Länder mit Weizenbrot irgendwie in ihrer Gesundheit gegenüber den Roggenländern zurückstehen, ganz und gar nicht.

Man kann die Notwendigkeit, den Roggen als Frucht zu erhalten, nicht beweisen, ebensowenig wie das Brotessen überhaupt eine Grundbedingung zur Erhaltung des Menschengeschlechtes ist, denn $^3/_5$ der Menschheit lebt ja ohne Brot. Es wäre aber falsch, die Augen zu verschließen gegenüber dem Drang der Massen nach Weizenbrot. An sich haben wir keinen stichhaltigen Grund, den Roggen als Brotfrucht auszuschließen, besonders auch mit Rücksicht auf die Volkswirtschaft. Eine kluge Politik wird nun dahin zielen müssen, den Übergang zur Weizenkultur in unserer Landwirtschaft zu begünstigen und zu betreiben. Das Ausmaß der Umstellungsfähigkeit ist hier nicht zu erörtern.

Es ist sicher, daß die Körnerfrüchte, die früher neben Weizen und Roggen angebaut wurden, in Zukunft nie wieder auf der Bildfläche erscheinen werden, und daß sogar der Handel mit Übersee vielleicht noch die eine oder andere Frucht, die heute zur Tierernährung dient, verdrängen wird. Auch die Leguminosen werden wohl je kaum ein Aufleben ihres Anbaues durchmachen. Viehzucht und Milchproduktion werden nach wie vor eine wesentliche Bereicherung der menschlichen Tafel liefern. Und die gemischte Kost, wie sie bei den Romanen, Angelsachsen und Germanen sich jetzt findet, wird die Welt erobern. Sie wird die Bre-esser allmählich, soweit es die Natur zuläßt, verdrängen.

Schon heute rüstet sich Japan, der für sie neuen Ernährungsform, soweit es geht, Tür und Tor zu öffnen, und so wird es an den anderen Begrenzungen zwischen Europa und Asien ebenso geschehen. Von der Mandschurei und Sibirien aus drängt die Brotkost weiter nach China. Die alte primitive Kultur der Reiskost wird allmählich zusammenbrechen, und es hängt zunächst nur davon ab, inwieweit der Anbau des Weizens in bisherigen Reisländern getrieben werden kann. Daß die europäische Eßweise im Durchschnitt einen höheren Kulturzustand darstellt, als er bei dem Durchschnitt der Reisesser sich findet, unterliegt keinem Zweifel.

Noch eine unverkennbare wichtige Änderung vollzieht sich auf dem Gebiet des *Zuckerverbrauchs*. Noch zu Anfang des vorigen Jahrhunderts war das Süße und die Süßung der Speisen offenbar sehr wenig im Gebrauch, oder sie beschränkte sich auf einen engen Kreis der Wohlhabenden. Seitdem ist in Deutschland, noch mehr bei den Angelsachsen, der Konsum an Zucker gestiegen, bei uns bis zu Beginn des Weltkrieges, bei den Engländern und Amerikanern darüber hinaus, und scheint jetzt einen gewissen Endpunkt erreicht zu haben, mit dem verglichen Deutschland nur halb soviel verzehrt. Die Ausdehnung des Zuckerkonsums bei den Angelsachsen findet ihre natürliche Grenze in der zu starken Süßung der Gerichte, welche dem Menschen widersteht.

Was für uns bedenklich erscheint, liegt in der Schwierigkeit Deutschlands, den Eigenbedarf durch Inlandzucker zu decken, wegen der immer schwieriger werdenden Arbeitsfrage, wie schon erwähnt.

Unser Rübenzuckerexport nimmt in Deutschland mächtig ab. Der Rückgang ist hauptsächlich durch das Anwachsen der Produktion des Rohrzuckers aus den Kolonialländern bedingt.

Unserer Landwirtschaft erwachsen immer neue Schwierigkeiten. Die Stadt- und Großstadtbildung zieht Kräfte vom Lande. Seit mehreren Jahrzehnten wächst die ländliche Bevölkerung nicht weiter, und die Konsumenten wachsen immer mehr an.

Der Friede von Versailles hat unsere Grenzen im Osten verschoben, unsere Überschußgebiete weggenommen und eine starke Rückwanderung nach Deutschland zur Folge gehabt.

Unsere bequemen Austauschgebiete Rußland und Rumänien haben durch die *unsinnige Kleinbauernwirtschaft* und Güterzertrümmerung ihre Ausfuhrkraft verloren.

Bei den ungenügenden Produktionen kommen für uns natürlich Überschußgebiete in Betracht, leider nur überseeische, die der großen Ausfuhrländer. Für die deutschen Produzenten kann das Folgen zeitigen, die wir noch nicht ganz zu übersehen vermögen.

Die Beköstigung ist für den Menschen nicht nur zweckdienlich, um den Hunger zu stillen, ihr Zweck ist vielmehr, jedem ein gewisses Maß von Befriedigung zu verschaffen. Man kann mit den gleichen nährenden Stoffen diesen Zweck erreichen oder auch verfehlen. Hebung der Befriedigung bedeutet auch einen allgemeinen Umschwung der Stimmung, auf die jedermann Anspruch hat. Die Mittel zur Erreichung einer schmackhaften und anregenden Nahrung vermag die Kunst des Kochens zu sichern. In dieser Hinsicht darf man für Deutschland sagen, und es gilt auch wohl für andere Länder, haben die letzten Jahrzehnte *keine Verbesserung, sondern einen Rückgang wahrnehmen lassen*, der bei uns wesentlich verschärft wurde durch die Nachkriegserscheinungen der Wohnungszwangswirtschaft und den Wohnungsmangel überhaupt. An diesen Momenten liegt es, daß viele Familien überhaupt keine eigene Küche haben, daß die Küche häufig durch einen einfachen Gasbrenner ersetzt wurde, daß die Neuanlagen von Küchen mit zu geringer Bodenfläche geschaffen wurden, die einer Frau die Küchenwirtschaft überhaupt nicht erlaubt, und daß man gezwungen ist, weit weniger Zeit auf das Kochen zu verwenden als früher. Die dadurch bedingte Verödung der Kochkunst ist in hohem Maße geeignet, eine Kost einförmig und unbefriedigend zu machen.

Eine Frage mag hier noch aufgeworfen sein, nämlich die, ob die in der Literatur sich breitmachenden Ernährungstheorien irgendeinen Einfluß auf die Gewohnheiten des Volkslebens haben und für die Zukunft die Wege der Nahrungswahl beeinflussen werden.

Die Literatur scheidet sich scharf in große Gebiete, in die wissenschaftliche Ernährungslehre, welche bestrebt ist, unsere Kenntnisse allmählich systematisch auszubauen, die auf die Popularisierung keinen Wert legen darf, und in jene Gruppe von Publikationen, die ohne Zusammenhang mit den wissenschaftlichen Gesamterkenntnissen einzelne Befunde in den Vordergrund stellt, sie ausbeutet oder Tatsachen unkritisch zusammenstellt, kombiniert, und jene Gruppen von Publikationen, die auf ethischen Bedenken gegen gewisse Nahrungsmittel beruhen.

Alle diese leider popularisierten Bewegungen haben für die nationalen Gewohnheiten gar keine Bedeutung, sie sind auch, was die Interessentengruppen anlangt, viel zu klein, um irgendwie Einfluß zu gewinnen, und widersprechen sich vielfach in ihren Zielen.

Selbst eine starke Beugung volkstümlicher Gewohnheiten, wie die Blockade war, hat keinen dauernden Einfluß auf die Volksernährung ausgeübt.

Mit Zwang in der Volksernährung dauernd einen Umschwung zu erreichen, ist ausgeschlossen. Nur auf dem Gebiet der Kinderernährung, die ja eine Zwangsernährung ist, hat man es in der Hand, wo es nötig ist, an Stelle der Brust auch andere Ernährungsformen anzuwenden. Auch hier begegnet man vielen Unsicherheiten, die zu einem häufigen Wechsel der Anschauungen führen, ein Beweis, daß man die Wahrheit nicht ganz erkannt hat.

Von einer Volksbelehrung in der heutigen Art der Anwendung ist auf dem Ernährungsgebiet nicht viel zu erwarten. Wer aus medizinischen Zuschriften oder aus der Tagespresse sich zusammenstellt, was unberufene Persönlichkeiten an Reformen empfehlen, wird schließlich aus dem Wirrwarr gegenteiliger Anschauungen nur entnehmen, daß man am besten auf diese Darlegungen ganz verzichtet.

So wenig also solche Bewegungen künstlicher Art eine allgemeine Bedeutung für die Welternährung haben, ebensowenig haben wir auch von einer nahen Zukunft zu erwarten, daß die chemischen Produkte des Laboratoriums die natürlichen Nahrungsmittel ersetzen werden, wie man noch vor einigen Jahren behauptet hat. Wir dürfen nicht vergessen, daß auch die fabrikmäßige Darstellung von Eiweißstoffen, Kohlehydraten und Fetten und etwa die Beigabe von Salzen, noch keine Nahrung bilden würden, denn neben diesen Stoffen kommen ja auch noch Vitamine, Lipoide, organische Verbindungen mit Salzen, sekretorisch den Darm reizende Stoffe, Reizstoffe für normale Blutbildung, die Verbesserung des Nährwertes durch die Mischung und vieles andere in Betracht.

Was in jeder Nation die übliche Speisenzusammenstellung empirisch geschaffen hat, das im einzelnen zu bewerten, auf die Brauchbarkeit und den rationellen Wert zu prüfen, muß einer künftigen Generation zur Erforschung vorbehalten bleiben.

Vorläufig und für einige Zeit bleibt es in der täglichen Kost bei der Empirie der Erfahrung der großen Massen. Der einzelne kann irren, die große Masse verfolgt aber instinktiv und triebhaft gewisse, wenn auch nur geahnte Ziele.

Interferenzerscheinungen bei Korpuskularstrahlen.

Von W. ELSASSER, Berlin.

Seit der Geburt der Quantentheorie im Anfang dieses Jahrhunderts macht sich in der Physik ein charakteristischer Dualismus bemerkbar, der zum ersten Male in dem von EINSTEIN eingeführten Begriff des Lichtquants seinen deutlichen Ausdruck fand. Die zum Verständnis z. B. des lichtelektrischen Effektes unbedingt notwendige Vorstellung diskreter, räumlich lokalisierter Energieanhäufungen läßt sich mit der klassischen wellentheoretischen Auffassung des Lichtes nicht in Einklang bringen; andererseits machen die Interferenzerscheinungen, welche die Wellenvorstellung zwanglos zu deuten gestattet, es unmöglich die Wellentheorie des Lichtes zu verlassen, ohne an ihre Stelle etwas Gleichwertiges zu setzen.

Der Fortschritt, der durch die Forschungen der letzten Jahre sowohl auf theoretischem wie auf experimentellem Gebiet erzielt wurde, besteht nun zu einem großen Teil darin, daß der erwähnte Dualismus sich als eine ganz universelle und nicht auf das Licht allein beschränkte Erscheinung erwiesen hat. Die Versuche, über die hier berichtet werden soll, lassen keinen Zweifel daran, daß die ponderable Materie ganz ebenso wie das Licht Beugungserscheinungen zeigt. Sie bestätigen so die grundlegenden Arbeiten von DE BROGLIE, SCHRÖDINGER und BORN, durch welche die Wellentheorie der Materie in die Physik eingeführt wurde. Der Dualismus zwischen Wellen und Korpuskeln wird zwar hierdurch keineswegs behoben, sondern eher noch verschärft, aber man darf hoffen, daß in der Fortführung der Quantenmechanik, wie sie in den Ideengängen von HEISENBERG und DIRAC enthalten ist, die ersten und wichtigsten Schritte zur Auflösung des Dualismus oder wenigstens zu seiner Zurückführung auf tiefer liegende Probleme der Erkenntnis getan sind. Zum Verständnis der Experimente über die Beugung und Interferenz von Materie wird es jedoch genügen, ohne auf diese verwickelteren Theorien einzugehen, einige Grundbegriffe über Materiewellen zu skizzieren.

Die Idee der Materiewelle wurde von L. DE BROGLIE vor nunmehr 4 Jahren in die Physik eingeführt[1]. Es gelang ihm zu zeigen, daß die bis dahin bekannten Gesetzmäßigkeiten der Atomwelt eine anschaulichere und übersichtlichere Formulierung zulassen, wenn man annahm, daß mit jedem materiellen Teilchen ein Wellenvorgang in irgend einer Weise verknüpft ist. Auf die Art der Verbindung von Korpuskel und Welle brauchen wir dabei nicht näher einzugehen. DE BROGLIE konnte, indem er die von ihm hypothetisch angenommenen Materiewellen den allgemeinen Prinzipien der Relativitätstheorie unterwarf, sogleich zeigen, daß die Frequenz und Wellenlänge des Wellenvorganges nicht willkürlich sein dürfen, sondern in bestimmter einfacher Weise mit den mechanischen Größen des materiellen Teilchens zusammenhängen müssen und zwar ist die Wellenlänge λ bestimmt durch die Gleichung

$$\lambda = \frac{h}{m v}, \tag{1}$$

worin h die PLANCKsche Konstante, m die Masse und v die Geschwindigkeit des Teilchens bedeutet.

[1] L. DE BROGLIE, Ann. de phys. 3, 22. 1925.

Aus dieser Gleichung läßt sich ersehen, daß es nicht schwierig sein kann, Materiewellen zu erzeugen, deren Wellenlänge mit derjenigen der gewöhnlichen Röntgenstrahlen vergleichbar ist. Verwendet man nämlich bewegte Elektronen und beschleunigt diese durch ein Potential von einigen 10—100 Volt, so erhält man gerade Wellenlängen von einigen Angström, wie sie bei den Röntgenstrahlen gewöhnlich sind. In der Tat ist es nun geglückt, diese Materiewellen in ganz entsprechender Weise wie Röntgenstrahlen durch Beugung an einem Krystall nachzuweisen.

Es ist dabei mit Hinsicht auf die Zwangsläufigkeit wissenschaftlicher Entdeckungen sehr interessant zu bemerken, daß die Experimente, die zur Entdeckung der Interferenz von Materiewellen führten, zunächst ganz unabhängig von diesen Gedankengängen und mit ganz anderen Zielen unternommen wurden. Im Jahre 1923 berichteten die Amerikaner DAVISSON und KUNSMAN über einen Versuch[1], der angestellt wurde, um die Reflexion eines Elektronenstrahles von einer Metallplatte im Vakuum zu untersuchen. Dabei hatten sie speziell auf die Verteilung der reflektierten Elektronen über die verschiedenen Richtungen des Raumes geachtet. Es ergab sich nun, daß bestimmte Richtungen deutlich bevorzugt waren, derart daß die Zahl der reflektierten Elektronen in diesen Richtungen ein starkes Maximum zeigte. Man fand mehrere solche Maxima, die bei Veränderung der Elektronengeschwindigkeit in komplizierter Weise zu wandern begannen. Bei einem solchen Versuch wurde nun durch einen Zufall die Metallplatte übermäßig stark erhitzt; beim Abkühlen bildeten sich größere Krystallite und zugleich waren die erwähnten Maxima noch größer und deutlicher geworden. Das ließ zunächst auf einen Zusammenhang der Maxima mit der Krystallstruktur schließen. Um diesen Zusammenhang näher zu studieren, beschloß man nun Einkrystalle zu untersuchen. Dabei war man natürlich von jeder wellenmäßig begründeten Vorstellung über die Bedeutung dieser Phänomene weit entfernt. Während der Vorbereitung dieser Versuche erschien die Abhandlung von DE BROGLIE und es bestand nun die Möglichkeit die erwähnten Maxima der Elektronenreflexion mit Hilfe der DE BROGLIEschen Wellen zu erklären[2]. Als dann das Experiment am Einkrystall ausgeführt wurde, bot seine Interpretation keine Schwierigkeiten mehr dar. Man kann aber kaum daran zweifeln, daß man auch ohne dies glückliche Zusammentreffen in Verfolg der an sich höchst interessanten Experimente mit Notwendigkeit zu der Wellenvorstellung geführt worden wäre.

Wir gehen nun dazu über, das Experiment von DAVISSON und GERMER[3] über Elektronenreflexion an einem Einkrystall genauer zu beschreiben. Dessen Durchführung stellte übrigens ganz außergewöhnliche technische Anforderungen an die Experimentatoren; es wurde ausgeführt im Laboratorium der Bell-Telephone-Companie, deren Mitarbeiter es in großzügiger Weise unterstützten. Als Material war ein Nickelkrystall gewählt worden und der einfallende Strahl der Primärelektronen traf senkrecht auf die Oberfläche des Krystalls auf. Die Versuchsanordnung ist in Fig. 1 schematisch dargestellt. Die von dem glühenden Wolframdraht a ausgehenden Elektronen werden durch eine an b angelegte Spannung beschleunigt und gleichzeitig wird durch das in b befindliche Blendensystem ein scharfer Strahl ausgeblendet, der senkrecht auf die Oberfläche des Krystalls c auftrifft. Der Krystall kann (mit Hilfe einer nicht wiedergegebenen Anordnung) um die Achse $e-e$ gedreht werden. Den hierdurch bestimmten Drehwinkel werden wir im folgenden durchweg als „Azimut" φ bezeichnen. Da der Krystall, wie unten auseinandergesetzt, um die Achse e—e die dreizählige Symmetrie der Fig. 2 aufweist, so wiederholt sich bei einer Änderung von φ um volle 360° dreimal dieselbe Stellung des Krystalls relativ zu der Ebene der Fig. 1, welche durch den Primärstrahl und den eingezeichneten Sekundärstrahl bestimmt ist. Der Sekundärstrahl gelangt durch einige Blenden ins Innere des Auffangekäfigs d, wobei durch eine Gegenspannung dafür gesorgt ist, daß nur die Elektronen eintreten können, die noch ganz oder beinahe die ursprüngliche Geschwindigkeit besitzen. Der Auffänger ist über ein Galvanometer mit der Erde verbunden und gestattet so die Stärke des nach einer bestimmten Richtung fließenden Sekundärstromes zu messen. Ferner kann der Auffänger d um den Punkt, in dem der Primärstrahl auf den Krystall auftrifft, in der in der Figur angedeuteten Weise geschwenkt werden. Dabei ist die Anordnung so getroffen, daß möglichst noch Sekundärstrahlen, die dicht an dem Konus b vorbeigehen, gemessen werden können. Den Winkel des Sekundärstrahles gegen den Primärstrahl (welcher seinerseits mit der Flächennormale zusammenfällt) bezeichnen wir mit ϑ.

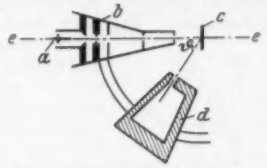


Fig. 1. Schematischer Durchschnitt der Apparatur.

Man hat also insgesamt 3 Größen zur Verfügung, die variiert werden können, nämlich erstens die beiden Winkel ϑ und φ und ferner die Geschwindigkeit (Wellenlänge) der Primärelektronen.

Nunmehr wollen wir uns einen Überblick verschaffen über die Lagerung der Atome an der Ober-

[1] C. DAVISSON and C. H. KUNSMAN, Phys. Rev. **22**, 243. 1923.
[2] W. ELSASSER, Naturwissenschaften **13**, 711. 1925.
[3] C. DAVISSON and L. H. GERMER, Nature **119**, 558, 1927; Phys. Rev. **30**, 705. 1927.

fläche des Krystalls. Nickel besitzt ein kubisch flächenzentriertes Gitter; Krystalloberfläche war eine {111} Ebene, die zugehörige Normale ist eine dreizählige Symmetrieachse. In Fig. 2 stellen die mit (1) bezeichneten starken Ringe die Atome einer obersten Schicht vor, die Atome der nächst tiefer gelegenen Gitterebene sind mit (2) bezeichnet, (3) ist die darauf folgende Ebene, die Atome der vierten Ebene liegen dann wieder unter (1). Verbindet man das in der Mitte der Figur gezeichnete Atom (2) mit den zunächst gelegenen Atomen (1), so erhält man {111}-Normalen. Von der Halbebene, die durch diese Normale und das Einfallslot bestimmt wird, sagen wir im folgenden, sie liege im {111} Azimut (wie das durch die Pfeile der Figur angedeutet wird). Entsprechend werden wir von den anderen durch Symmetrien ausgezeichneten Winkeln φ als von {110}- und {100}-Azimuten sprechen.

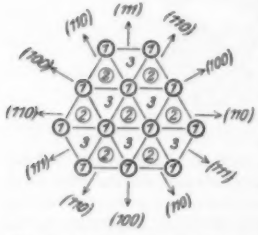


Fig. 2. Lagerung der Krystallatome in Richtung des Primärstrahles gesehen.

Wir denken uns nun den Auffangekäfig in ein solches ausgezeichnetes Azimut, etwa {111} gebracht und die Zahl der Sekundärelektronen unter verschiedenen Breitenwinkeln ϑ und bei verschiedenen Geschwindigkeiten untersucht. Fig. 3 zeigt das Resultat im Polardiagramm, wobei im Radiusvektor eine der Größe des Sekundärstromes proportionale Länge aufgetragen ist. Die beigeschriebenen Zahlen geben die Primärspannung in Volt an. Bei kleinen Spannungen (Elektronengeschwindigkeiten) ist die Verteilung zunächst monoton über alle Winkel. Bei etwa 40 Volt macht sich zuerst ein kleiner Buckel unter einer Breite ϑ von etwa 60° bemerkbar. Mit zunehmender Geschwindigkeit wächst diese Ausbuchtung an und, indem sie sich dabei langsam verschiebt, erreicht sie die Stelle ihrer stärksten Ausbildung bei 54 Volt unter einem Winkel ϑ von 50°. Bei noch weiterer Steigerung der Spannung nimmt der Buckel wieder ab und ist bei 68 Volt eben wieder völlig verschwunden. Dieselbe Erscheinung wiederholt sich nun symmetrisch in allen drei {111}-Azimuten. Entsprechende Maxima findet man unter anderen Winkeln und bei anderen Geschwindigkeiten in größerer Anzahl. Dabei zeigt sich stets die dreizählige Symmetrie der Krystallachse; wenn wir je drei solcher symmetrischer Maxima nur einmal rechnen, so haben DAVISSON und GERMER insgesamt deren 24 aufgefunden.

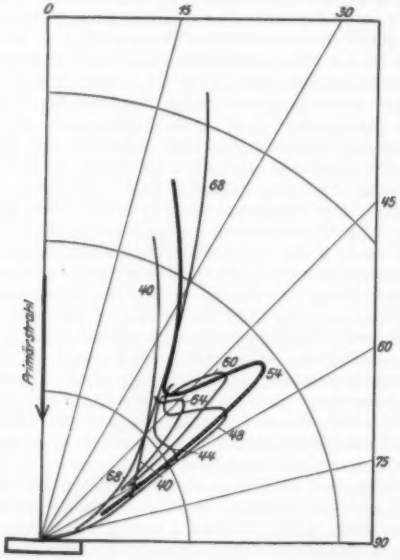


Fig. 3. Abgebeugter Strahl von 54 Volt im {111}-Azimut. Die Kurven zeigen die Ausbeute bei verschiedenen Spannungen.

Wir geben nun eine Tabelle dieser Maxima.

Tab. 1.

Azimut	Volt	Wellenlänge in Å	ϑ	Reflexionsebene
{111}	(36)	(2,05)	(72°)	220
	54	1,67	50	331
	106	1,19	28	442
	174	0,928	22	553
	181	0,910	55	551
	248	0,778	44	662
	258	0,762	< 20	664
	343	0,661	34	773
	347	0,657	62	660
{100}	37	2,02	71°	311
	65	1,52	44	422
	126	1,09	28	533
	160	0,968	60	622
	190	0,889	20	644
	230	0,807	46	733
	292	0,716	< 20	755
	310	0,695	70	822
	312	0,693	37	844
	370	0,636	57	933
{110}	(> 97)	(< 1,26)	(< 90°)	420
	143	1,024	56	531
	170	0,940	46	?
	188	0,893	43	642
	248	0,778	34	753

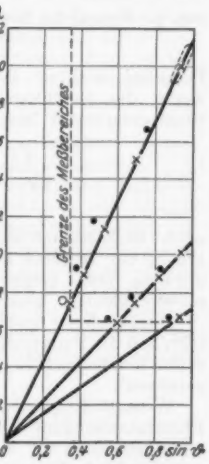
Die aus der Beschleunigungsspannung nach Formel (1) berechnete Wellenlänge ist in der Tabelle ebenfalls angegeben. Man wird nun naturgemäß dazu geführt, die Erscheinung zu vergleichen mit derjenigen, die bei der Beugung von Röntgenstrahlen an einem Krystall auftritt. Man weiß ja, daß man dann die bekannten Lauebilder erhält. Sehen wir von der Verbreiterung der Elektronenmaxima ab und berücksichtigen nur die Stelle stärkster Ausbildung, so haben wir hier ein

ganz entsprechendes Lauebild für Elektronen und wir werden gemäß der Wellentheorie erwarten, daß diese beiden Bilder sich hinsichtlich der Lage der Maxima und der zugehörigen Wellenlänge Punkt für Punkt entsprechen. Das ist nun in der Tat bis auf eine (allerdings systematische) Abweichung von einigen Prozent der Fall. Jedoch ist diese Abweichung nicht so beträchtlich, daß sie irgendwelche ernstlichen Bedenken prinzipieller Art rechtfertigen würde. Wir werden hierauf noch ausführlicher zu sprechen kommen. Es ist auch weiter nicht verwunderlich, daß die Maxima der Beugung von Elektronenwellen nicht mit derjenigen Schärfe und Definiertheit auftreten, wie wir das von Licht und Röntgenstrahlen her gewöhnt sind. Wir brauchen ja bloß zu bedenken, daß auf die Elektronen bei der Durchquerung des Krystalls ganz erhebliche Kräfte einwirken, die sie abzubremsen trachten. Das macht sich in einer Verbreiterung der abgebeugten Linien bemerkbar.

Außer den soeben angegebenen wurde noch eine Reihe anderer Maxima aufgefunden, die den adsorbierten Gasschichten zuzuschreiben sind. Diese Maxima treten nämlich nur dann auf, wenn die Krystalloberfläche nicht frei von Gas ist. Erhitzt man den Krystall und entfernt so das adsorbierte Gas, so verschwinden sie, während gleichzeitig die wirklichen Krystallreflexionen stärker hervortreten; läßt man dann wieder geringe Portionen Gas eintreten, so erscheinen sie wieder. Dabei findet man einige besonders merkwürdige Reflexionen von doppelt so großer Wellenlänge als man sie äußerstenfalls erwarten sollte, also von der „Ordnung $^1/_2$". Man darf annehmen, daß diese hervorgerufen werden von Gasmolekülen, die mit der halben Oberflächendichte verteilt sind, derart daß ihre Gitterkonstante das Doppelte von derjenigen der Krystalloberfläche beträgt. Hält man sich etwa an das Schema der Fig. 2, wo die Atome (1) die Atome der obersten Schicht sind, so kann man die adsorbierten Gasmoleküle an den Stellen (2) angelagert denken, so daß immer nur je zwei nicht nebeneinanderliegende der Stellen (2) besetzt werden; in den Bereich der Fig. 2 kommen dann drei solche Moleküle zu liegen.

Von den Reflexionen, die nicht dem adsorbierten Gas zugeschrieben werden konnten, blieb nur eine einzige unerklärt (170 Volt im {111}-Azimut vgl. die Tabelle 1), welche dazu noch sehr schwach ist. Umgekehrt kann man fragen, ob irgendwelche Röntgenreflexionen niederer Ordnung kein Analogon bei den Elektronen haben. Man findet dann, daß für drei theoretisch zu erwartende Reflexionen keine Vertreter gefunden wurden, es sind das die Strahlen {440}, {511} und {711}. Auf die Ursache ihres Ausfallens werden wir unten zu sprechen kommen. Nach Reflexionen in anderen als den drei Hauptazimuten scheinen DAVISSON und GERMER nicht gesucht zu haben.

Um nun die Zuordnung der Elektronen- und Röntgenstrahlen zueinander besser übersehen zu können, sind in dem Diagramm der Fig. 4 beide für das {111}-Azimut eingetragen. Als Abszisse ist der Sinus des Winkels ϑ gewählt, als Ordinate die Wellenlänge λ. Die Röntgenreflexe ordnen sich auf drei Geraden an, entsprechend den Ordnungen 1, 2, 3 der Plangitterreflexion. Das ist folgendermaßen zu verstehen. Ein ebenes Kreuzgitter liefert immer dann einen abgebeugten Strahl, wenn die Bedingung $n\lambda = d \sin \vartheta$ erfüllt ist, wobei n eine ganze Zahl und d den Abstand zweier Gittergeraden in der Ebene des Kreuzgitters bedeutet. Für $n = 1, 2, 3$, erhält man im λ-ϑ-Diagramm die eingezeichneten Geraden. Schichtet man nun mehrere solche ebene Gitter aufeinander, so verschieben sich dadurch die Reflexionen in ihrer Lage nicht, wohl aber werden im allgemeinen die Strahlen durch Interferenz vernichtet und nur für ganz bestimmte „selektive" Wellenlängen gelangen abgebeugte Strahlen zur Ausbildung. Das sind die auf den Geraden angezeichneten Punkte.



× Röntgenreflexionen.
• Elektronenreflexionen.

Fig. 4. Zusammenhang von Abbeugungswinkel und Wellenlänge.

Man erkennt aus der Figur, daß die Elektronenstrahlen in systematischer Weise gegen die zu erwartende Lage verschoben sind. Die Interferenz tritt erst bei einem größeren Werte von λ ein, was man auch so aussprechen kann, daß die Wellenlänge des Elektronenstrahles sich im Innern des Krystalls auf einen Wert λ' verkleinert. Das Verhältnis der beiden nennen wir in Analogie zur gewöhnlichen Optik den *Brechungsindex* der Substanz für Elektronenstrahlen und definieren also

$$n = \lambda/\lambda' = \lambda_{El}/\lambda_{Rö},$$ wobei λ_{El} bzw. $\lambda_{Rö}$

diejenige im Vakuum gemessen gedachte Wellenlänge bezeichnet, bei der ein selektives Maximum der Elektronen- bzw. Röntgenreflexion eintritt. Der Brechungsindex, der sich ergibt, wenn in Fig. 4 je ein Elektronenmaximum als zu dem dicht darunter auf der Geraden markierten Punkt gehörig betrachtet wird, ist größer als 1, das bedeutet also, daß die Wellenlänge im Innern des Krystalls verkürzt wird, die Elektronen laufen dort schneller [nach Formel (1)][1].

[1] DAVISSON und GERMER haben in ihrer Arbeit eine andere Zuordnung der beiden Punktreihen angenommen, mit einem Brechungsindex erheblich kleiner als 1, doch lassen sich schwerwiegende Argumente für unsere Art der Zuordnung anführen. Die gemessenen Reflexionsintensitäten lassen im vorliegenden Fall beide Erklärungen zu (vgl. A. L. PATTERSON, Nature 120, 46. 1927). In einer während des

Die Werte von n sind in Fig. 5 als Funktion der Elektronengeschwindigkeit aufgetragen. Man ersieht daraus, daß der Brechungsindex sich mit wachsender Geschwindigkeit dem Wert 1 nähert. Man kann den Brechungsindex auch so interpretieren, als ob auf die Elektronen ein anziehendes

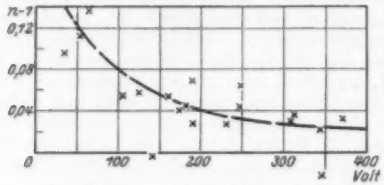


Fig. 5. Verlauf des Brechungsindex als Funktion der Spannung.

Potential wirkte. Betrage dieses E Volt und werde die Beschleunigungsspannung der freien Elektronen mit V bezeichnet, so findet man daß:

$$(2) \qquad n = \frac{\sqrt{V}}{\sqrt{V-E}} = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{E}{V}}}$$

wird. So berechnet sich z. B. aus der Kurve von Fig. 5 ein ziemlich konstantes Potential E von etwa 14 Volt. Gegen größere und kleinere Geschwindigkeiten scheint es etwas abzunehmen.

Die Brechung bewirkt, wie sich leicht beweisen läßt, daß die Punkte der Fig. 4 auf der Geraden ein Stück hinausgeschoben werden ohne aber diese zu verlassen[1].

Wesentlich für das Verständnis der bei der Elektronenbeugung auftretenden Phänomene ist außerdem noch die Mitberücksichtigung der Absorption (d. h. Bremsung) der Elektronenstrahlen. Denn sobald diese merklich gebremst werden, verändern sie ihre Wellenlänge so sehr, daß sie aufhören mit dem einfallenden Strahl kohärent zu sein, alsdann muß jede Beugungserscheinung aufhören. Die starke Verbreiterung der reflektierten Strahlen haben wir oben schon auf die Bremsung zurückgeführt. Aus der starken Absorption kann man nun umgekehrt schließen, daß das Streuvermögen der Atome für Elektronenstrahlen ungleich stärker sein muß als das für Licht oder Röntgenstrahlen. Denn da die Elektronen nur einige Schichten weit eindringen und die Ausbeute an reflektierten Elektronen sich als recht groß erweist, so müssen eine oder zwei Gitterebenen dieselbe Wirkung haben wie bei Röntgenstrahlen viele zehntausende. Das ist bei der bekannten Größe der elektrostatischen Kraftwirkungen, die hier in Frage kommen, auch gut verständlich[1].

Wenn ein im Innern des Krystalls abgebeugter Strahl unter einem sehr flachen Winkel austritt, so besteht die Möglichkeit, daß er gar nicht wieder hinausgelangt, sondern an der Grenzfläche des Krystalls Totalreflexion erleidet[2]). Aus dem in Fig. 5 angegebenen Verlauf des Brechungsindex läßt sich leicht berechnen, für welche Strahlen das der Fall sein wird. Es sind die folgenden: {220}, {420}, {440}, {511}, {711}. Die letzten drei sind wie schon erwähnt tatsächlich nicht beobachtet worden. Die Vertreter der ersten beiden unterscheiden sich in charakteristischer Weise von allen anderen Reflexionen dadurch, daß sie kein selektives Maximum aufweisen, sondern sich längs eines größeren Wellenlängen- bezw. Winkelbereiches erstrecken. ("grazing beams" Fig. 4 rechts oben; in Tab. 1 eingeklammert). Die einfachste Erklärung dafür ist nach DAVISSON und GERMER, daß in diesen Fällen die oberste Netzebene des Krystalls allein wie ein ebenes Kreuzgitter reflektiert, ohne daß die aus den tieferen Schichten kommenden Elektronen bei der Interferenz mitwirken. Allerdings ist dann nicht ohne weiteres zu verstehen, warum eine analoge Erscheinung für keinen der drei anderen Strahlen gefunden werden konnte.

Wir kommen nun dazu, eine Reihe von Experimenten zu besprechen, durch welche die soeben vorgetragenen Anschauungen eine weitgehende Bestätigung erfahren. Hierbei handelt es sich im wesentlichen darum, die Methode von DEBYE und SCHERRER auf Elektronenstrahlen zu übertragen, wobei man diese durch eine dünne Folie der betreffenden Substanz hindurchgehen läßt. Solche Experimente wurden zuerst begonnen von G. P. THOMSON[3], der auf diese Weise und unabhängig von DAVISSON die DE BROGLIE-SCHRÖDINGERsche Wellentheorie nachprüfen wollte. Er arbeitete mit denkbar einfachen Mitteln. In einem Entladungsrohr ging von einer Kathode ein Strahl aus, dessen Geschwindigkeitsverteilung sich als ziemlich homogen erwies. Er durchsetzte eine dünne Folie und traf dann auf eine photographische Platte auf. Man erhielt auf der Platte schwarze Ringe wie beim DEBYE-SCHERRER-Diagramm, wobei deren Lage den Erwartungen entsprach. THOMSON arbeitete mit Spannungen von mehreren tausend Volt und untersuchte auf diese Weise Celluloid, Aluminium und Gold. Auch hier konnte die DE BROGLIEsche Formel für die Wellen-

---

Druckes des Vorliegenden erschienenen Note (Naturwissenschaften **16**, 333. 1928) gibt H. BETHE ebenfalls die Zuordnung mit $n > 1$ an. Vgl. auch H. BETHE, Naturwissenschaften **15**, 786. 1927.

[1] Ein neuer Bericht von DAVISSON & GERMER (Proc. Nat. Acad. Amer. **14**, 317. 1928) enthält genauere Meßresultate, wonach die Abweichung der Meßpunkte von den ausgezogenen Geraden nicht reell ist. Der Brechungsindex verläuft nach den neuen Angaben für kleinere Geschwindigkeiten etwas höher als die Kurve der Fig. 5 (Anm. bei der Korrektur.

[1] Vgl. C. ECKART, Proc. Nat. Acad. Amer. **13**, 460. 1927, auch F. ZWICKY, ebenda **13**, 518. 1927.

[2] BETHE, l. c.

[3] G. P. THOMSON & A. REID, Nature **119**, 890. 1927, G. P. THOMSON, ebenda **120**, 802, 1927; G. P. THOMSON, Proc. Roy. Soc. **117**, 600. 1928.

länge bestätigt werden, dagegen ergab sich für eine Brechung bei diesen Geschwindigkeiten kein Anhaltspunkt.

Unabhängig von THOMSON begann auf Grund der von DAVISSON und GERMER gefundenen Resultate E. RUPP ebenfalls nach der Beugung an dünnen Folien zu suchen[1]. Er verwendete Geschwindigkeiten etwa zwischen 150—350 Volt, die sehr scharf definiert waren, da die Elektronen auf kreisförmiger Bahn im Magnetfeld liefen. Die Folien waren ungefähr 10^{-7} cm dick; auf einer dahinterstehenden photographischen Platte zeichneten sich dann Ringe ab. Nach dieser Methode wurde nun eine größere Anzahl von Substanzen untersucht, wobei sich stets gute Übereinstimmung mit der Theorie ergab. Dies waren nach Gittertypen geordnet: kubisch flächenzentriert Al, Cu, Ag, Au, Pb, Ni, kubisch raumzentriert Cr, tetragonales Sn und hexagonales Zn. Als Beispiel führen wir eine Messung an Silber an mit einer Primärspannung von 180 Volt, entsprechend einer Wellenlänge $\lambda = 0{,}91$ Å. In Fig. 6 ist die Aufnahme wiedergegeben, welche der Tab. 2 zugrundeliegt. Dabei soll ϑ den Öffnungswinkel des Kegels der abgebeugten Elektronen bedeuten und λ' sei die aus der Ordnung der Reflexion und dem Winkel ϑ berechnete Wellenlänge. Man erkennt

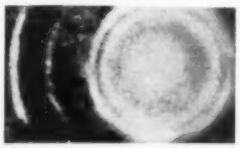


Fig. 6. Interferenzringe an einer Silberfolie nach RUPP.

[1] E. RUPP, Ann. d. Phys. **85**, 981.

Tab. 2.

ϑ	Ordnung	λ'
°21	111	0,85
25°20′	002	0,89
36°30′	022	0,89
40°40′	113	0,87

also auch hier eine Verkleinerung der Wellenlänge beim Eintritt in das Metall. In diesem Falle berechnet sich das zugehörige Austrittspotential zu 16 Volt und allgemein liegt es bei den von RUPP gemessenen Substanzen zwischen 10 und 20 Volt in guter Übereinstimmung mit dem bei DAVISSON und GERMER gefundenen Wert von 14 Volt.

Die überraschend klaren und schönen Resultate von DAVISSON und GERMER und die relative Einfachheit der zuletzt beschriebenen Experimente lassen erhoffen, daß sich hier der physikalischen Forschung ein neues und aussichtsreiches Feld eröffnet.

Zum Abschluß möge noch erwähnt werden, daß von DYMOND[1] Beugungserscheinungen von Elektronen an einzelnen Gasatomen entdeckt wurden. Es zeigte sich, daß Elektronen, die mit einem Heliumatom zusammengestoßen waren, in ihrer Winkelverteilung Maxima und Minima aufwiesen, deren Charakter etwa dem der Fig. 3 entsprach. Doch dürfte sich deren Erklärung erheblich schwieriger gestalten, als die der zuerst beschriebenen Interferenzversuche. Eine Theorie dieser Erscheinung ist noch nicht in Angriff genommen worden.

[1] E. G. DYMOND, Phys. Rev. **29**. 433. 1927.

Zuschriften.

Der Herausgeber bittet, die *Zuschriften* auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken, bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

Für die Zuschriften hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

Über die relativen Intensitäten der Starkeffektkomponenten der Balmerlinien $H\beta$ und $H\gamma$.

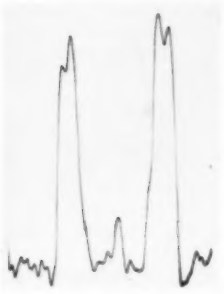
Die nach SCHRÖDINGERS Wellenmechanik berechneten Intensitäten der Starkeffektkomponenten zeigen in mehreren Fällen im Vergleich zu STARKS Messungen gewisse „Reziprozitäten", d. h. die Intensitäten zweier benachbarter Effektkomponenten stehen im umgekehrten Verhältnis für Experiment und Theorie. Das ist z. B. der Fall bei den Parallelkomponenten $\Delta = 8$ und $\Delta = 10$ bei $H\beta$ und $\Delta = 5$ und $\Delta = 2$ bei $H\gamma$[1].

Wir haben nun eine Bestimmung der relativen Intensitäten mit zwei verschiedenen Anordnungen durchgeführt; die erste entspricht der von STARK verwendeten: die Kanalstrahlen haben eine Bewegungsrichtung parallel den Kraftlinien des zerlegenden Feldes. Bei der zweiten Anordnung verlaufen die Kanalstrahlen senkrecht zu den Kraftlinien. Die übrigen Bedingungen wie Beobachtungsrichtung, Druck im Beobachtungsraum, Entladungsspannung und Feldstärke (200 KV/cm) sind in beiden Fällen dieselben.

[1] Vgl. z. B. SCHRÖDINGER, Abhandlungen zur Wellenmechanik, S. 119, 120.

Registrierphotometerkurve 1: Feldrichtung parallel zur Kanalstrahlrichtung. Die Effektkomponente $\Delta = 10$ ist stärker als $\Delta = 8$.

Die zwei abgebildeten Registrierphotometerkurven zeigen für die Parallelkomponenten von $H\beta$ $\Delta = 8$ und $\Delta = 10$ im ersten Fall die Angaben STARKS bestätigt, also $\Delta = 10$ stärker als $\Delta = 8$; im Falle der zweiten Anordnung sind hingegen dei Komponenten $\Delta = 8$ stärker als $\Delta = 10$, in Übereinstimmung mit SCHRÖDINGERS Theorie. Entsprechendes gilt für die Parallelkomponenten $\Delta = 5$ und $\Delta = 2$ bei $H\gamma$. Für die Senkrechtkomponenten $\Delta = 13$ und $\Delta = 10$ ist jedoch keine Umkehrung des Intensitätsverhältnisses mit Änderung der Feldrichtung beobachtet worden.



Registrierphotometerkurve 2: Feldrichtung senkrecht zur Kanalstrahlrichtung. Die Effektkomponente $\Delta = 8$ ist stärker als $\Delta = 10$.

Eine eingehende Untersuchung der Intensitäten und ihrer Abhängigkeit von der Feldstärke wird demnächst an anderer Stelle mitgeteilt.

Ludwigshafen a. Rh., den 6. August 1928.

Hauptlaboratorium der
J. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft.
H. MARK und R. WIERL.

Neue Beobachtungen über den Umsatz des „Phosphagens" im Muskel.

Wie wiederholt an dieser Stelle berichtet wurde[1], ist die Tätigkeit des Muskels außer mit dem Umsatz des Kohlehydrats mit einem reversiblen Zerfall von Guanidinophosphorsäuren („Phosphagene") verknüpft, und zwar gibt es zwei derselben: die von FISKE und SUBBAROW[2] sowie P. und G. P. EGGLETON[3] im Wirbeltiermuskel entdeckte Kreatinphosphorsäure und die zuerst im Crustaceenmuskel[4]; dann in den quergestreiften und einigen glatten Muskeln aller wirbellosen Tierkreise nachgewiesene Argininphosphorsäure[5]. Daß aber der Zerfall bei der Tätigkeit des Muskels wenigstens hauptsächlich nicht mit der eigentlichen Kontraktion verknüpft ist, sondern mit dem Erregungsvorgang, ist durch Versuche der letzten Zeit deutlich geworden. So wird nach Curaresierung des Muskels, wodurch die Erregbarkeit vom Nerven erlischt, bei derselben Arbeitsleistung und Milchsäurebildung wie im unvergifteten Muskel nur etwa ein Drittel so viel Phosphagen gespalten, und es kommt niemals mehr als 1 Molekül zerfallenes Phosphagen auf 1 Molekül gebildete Milchsäure (im frischen, unvergifteten Muskel 2,5 auf 1)[6].

Diese Einschränkung des Phosphagenzerfalles bei Aufhebung der indirekten Erregbarkeit ist, wie ganz neue Versuche ergeben, noch viel größer bei Lähmung des Nerven durch Tetramethylammoniumchlorid. Hier ändert sich bei einem 5 Sekunden langen Tetanus, der sonst $^1/_3$ des vorhandenen Phosphagens zum Zerfall bringt, der Gehalt nur andeutungsweise, und erst bei mehreren derartigen Tetani kommt ein merklicher Zerfall zustande, der jedoch nur ein Drittel bis halb so groß ist, wie bei Curare. Dabei setzt diese eigentümliche schützende Wirkung des Ammoniumsalzes genau in dem Moment ein, wo die indirekte Erregbarkeit erlischt, ein Beweis für den hier bestehenden Zusammenhang.

Unter „Zerfall" ist dabei die nach Beendigung der Tätigkeit gemessene bilanzmäßige Abnahme des Phosphagens verstanden. Wie aber von O. MEYERHOF und K. LOHMANN[1] zuerst beschrieben und von dem einen von uns genauer untersucht wurde[2], gibt es neben der von EGGLETON gefundenen aeroben Resynthese des Phosphagens auch eine anaerobe, indem etwa ein Drittel des im Moment der Kontraktion feststellbaren Zerfalls im Verlauf von 20 Sekunden nach der Erschlaffung wieder zurückgeht. Am Muskel nun, der mit dem quaternären Ammoniumsalz behandelt ist, zeigt sich, daß auf der Höhe der Kontraktion ebenfalls ein Teil des Phosphagens vorübergehend zerfallen ist, dieses aber nach der Erschlaffung nahezu total restituiert wird. Der hier zerfallene und dann wieder synthetisierte Teil ist etwa gerade so groß wie derjenige, der auch sonst anaerob zurückgebildet wird. Der diesen Betrag überschreitende Zerfall, der erst unter Mitwirkung der Oxydation rückgängig gemacht wird, ist demnach durch die Erregung von seiten des Nerven hervorgerufen.

Im Anschluß sei noch eine zweite Beobachtung mitgeteilt, die mittelbar auf einen Zusammenhang zwischen dem Phosphagenbestand des Muskels und seiner normalen Erregbarkeit hinweist. Es ist schon vor längerer Zeit gefunden[3], daß Zusatz geringer Mengen Phosphats zur Ringerlösung die Arbeitsfähigkeit des darin suspendierten Muskels konserviert. Neuerdings haben sich HILL und sein Schüler STELLA damit beschäftigt und festgestellt[4], daß eine Außenkonzentration PO_4, die den Bestand des Muskelinnern an anorganischem Phosphat erhält, auch für seine Erregbarkeit günstig ist. Diese Wirkung scheint aber auf der Aufrechterhaltung bzw. Erhöhung des Phosphagenbestandes zu beruhen. Wie wir nämlich finden, nimmt bei Suspension des Muskels in einer PO_4-Konzentration, die höher ist als das anorganische Phosphat im Muskelinnern, nicht nur der Gehalt an diesem zu, sondern auch an Kreatinphosphorsäure. Auf diese Weise kann ihre Menge über die sonst bei der Analyse gefundene bedeutend steigen und nahezu das ganze im Muskel vorhandene Kreatin (95%) zur Synthese verbraucht werden statt eines sonst gebundenen Anteils von 75—80%. (Darüber hinaus läßt sich der Gehalt an Kreatinphosphorsäure nicht mehr steigern, weil unter den gleichen

[1] O. MEYERHOF und K. LOHMANN, Naturwiss. **15**, 670, 768 (1927).
[2] FISKE und SUBBAROW, Science (N. Y.) **65**, 401 (1927).
[3] P. und G. P. EGGLETON, Biochemic. J. **21**, 190 (1927).
[4] O. MEYERHOF und K. LOHMANN, Naturwiss. **16**, 47 (1928); Biochem. Z. **196**, 22 (1928).
[5] O. MEYERHOF, Arch. di Sci. biol. **12**, 536 (1928).
[6] D. NACHMANSOHN, Biochem. Z. **196**, 22 (1928).

[1] Naturwiss. **15**, H. 32 (1927); ferner O. MEYERHOF, Brit. med. J. **1927**, H. 3488, 859 (British Medical Association, Edinburgh, Juli 1927).
[2] D. NACHMANSOHN, Biochem. Z. **196**, 22 (1928); vgl. auch H. GORODISSKY, Z. physiol. Chem. **175**, 261 (1928).
[3] NEUGARTEN (unter BETHE), Pflügers Arch. **175**, 94 (1919); vgl. auch EMBDEN und ADLER, Z. physiol. Chem. **118**, 1 (1921).
[4] A. V. HILL, Proc. roy. soc. Abt. B **103**, 134 (1928); STELLA, J. of Physiol. **1928** (im Druck).

Versuchsbedingungen zugesetztes Kreatin von außen in den Muskel nicht eindringt.)

Schließlich sei erwähnt, daß infolge der nur indirekten Beteiligung des Phosphagenzerfalls an der Kontraktion sowie aus verschiedenen anderen Gründen die Betrachtungen über die energetische Rolle des Phosphagens, die in einer früheren Zuschrift an die „Naturwissenschaften" angestellt waren, modifiziert werden müssen. In welcher Weise dies zu geschehen hat, soll später im Zusammenhang erörtert werden.

Berlin-Dahlem, Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie, den 14. August 1928.

O. Meyerhof und O. Nachmansohn.

Besprechungen.

Professor Gehrcke hatte im Frühjahr 1927 von dem Herausgeber der Naturwissenschaften die Veröffentlichung einer sog. Presseberichtigung verlangt. Die Aufnahme dieser Berichtigung hat der Herausgeber abgelehnt, worauf G. es für richtig befunden hat, den Staatsanwalt anzurufen. Das Verfahren hat durch Urteil vom 6. Juli 1928 zur Freisprechung des Herausgebers geführt. Nunmehr verlangt G. erneut unter Hinweis auf § 11 des Pressegesetzes den Abdruck einer Berichtigung. Obgleich der Herausgeber nicht der Auffassung ist, daß das Vorgehen des Herrn G. der Wissenschaftspflege dient, bringt er die neue Zuschrift zum Abdruck, da er nicht Zeit genug hat, sich mit derartigen Dingen länger zu beschäftigen. Die Zuschrift lautet wie folgt:

In der Besprechung des Handbuches der Physikalischen Optik in den Naturwissenschaften vom 6. Mai 1927 durch den Berichterstatter Herrn W. Gerlach werden folgende falsche Angaben gemacht:

1. „Die Lichtgeschwindigkeit in bewegten Medien wird — besonders methodisch — viel zu kurz behandelt, der Harres-Versuch fehlt z. B. ganz, die neueren Streitfragen um den Michelsonschen Versuch werden leider nur angedeutet." Richtig ist, daß in dem Handbuch ein umfangreicher, besonderer Abschnitt „Optik bewegter Körper" vorgesehen ist, in dem der Harressche Versuch, der Michelsonsche Versuch und andere hierhergehörige Versuche eingehend behandelt werden.

2. „Anwendungen der interferometrischen Methoden sind nicht gebracht: das Michelsonsche Sterninterferometer vermißt man." Richtig ist, daß die Anwendungen der interferometrischen Methoden in einem besonderen Abschnitte des Handbuches gebracht werden, worauf in dem Abschnitt „Interferenz" bereits auf Seite 409 ausdrücklich hingewiesen wird, daß ferner das Michelsonsche Sterninterferometer in dem Abschnitt „Beugung" des Handbuches erörtert wird.

3. „Die chemischen Wirkungen des Röntgenlichtes sind nur einmal in einer Anmerkung enthalten. Referent meint, daß man die Röntgenstrahlen — wenigstens in solchen Zusammenhängen — doch heute auch zur physikalischen Optik rechnen muß." Richtig ist, daß über die Röntgenstrahlen in dem Handbuch ein besonderer Abschnitt enthalten ist, und daß auf die Photochemie der Röntgenstrahlen auch sonst in dem Handbuche Hinweise gegeben werden.

4. „Paschen formulierte das Problem des erhaltenen Spektrums auf das vollkommen reine durch einen unendlich schmalen Spalt zu erzielende." Richtig ist, daß hinter dem Wort „reine" ein Komma steht, welches sofort klar macht, daß der Satz durch einen Druckfehler entstellt ist. Hinter „Problem" fehlen die Worte „der Zurückführung".

5. „das Vakuum vermeidet die Ausstrahlung des Bolometers." Richtig ist, daß dieser Satz nirgends in dem Handbuch steht.

6. „Die Auswahl über den „spektralen Charakter" der Elemente Seite 158ff. enthält folgende Sätze: „Kalium besitzt außer einem schwachen kontinuierlichen Spektrum zwei charakteristische Linienpaare, eine helle Doppellinie im roten und ein schwächeres Paar 4047 und 4044 ÅE. Das ist Alles!" Richtig ist: Das ist *nicht* alles! Es fehlen in dem Zitat die Wellenlängen 7699 ÅE. und 7665 ÅE., und es ist das Seriensystem des Kaliums in den Abschnitten „Seriengesetze" und „Röntgenspektren" näher behandelt.

7. „Paschen-Götze u. ä. sind nicht angegeben." Richtig ist, daß das bekannte Buch von Paschen-Götze auf Seite 154 — und übrigens auch an anderen Stellen des Handbuches — angegeben wird.

8. „S. 178 wird von Untersuchungen von Franck und Cario über das „Emissionsspektrum des flüssigen Sauerstoffs" gesprochen." Richtig ist, daß die zitierten Worte nicht in dem Handbuch stehen.

Botanische Mitteilungen.

Experimentelle Studien der Blaauwschen Theorie. Es wurde an dieser Stelle (15, 834. 1927) vor einiger Zeit über Versuche von Beyer berichtet, die sich mit der Gültigkeit der Blaauwschen Theorie beim Phototropismus der Pflanzen beschäftigten. Beyer ist damals in folgender Weise vorgegangen: er hat Haferkeimlinge zunächst antagonistisch von zwei Seiten belichtet und dann entweder total verdunkelt oder bloß auf der einen Flanke weiterbelichtet. Die erste Serie ergab, daß durch das Verdunkeln das Gesamtwachstum der unter diesen Umständen natürlich gerade weiter wachsenden Keimlinge nicht in nennenswerter Weise verändert wird, die zweite Serie führte zu sehr schönen phototropischen Krümmungen nach der Lichtflanke. Aus diesem Resultat folgert Beyer konsequent, daß hier die Blaauwsche Theorie nicht gelten kann. Die Keimlinge reagieren auf doppelseitige und einseitige Belichtung ganz verschieden. Denn aus der im zweiten Fall auftretenden Krümmung kann natürlich mit Sicherheit geschlossen werden, daß die Schattenflanke relativ rascher wachsen muß als die Lichtflanke, daß also ein polar verschiedener Wachstumszustand eingetreten sein muß, während die totale Verdunkelung das Wachstum unverändert gelassen hat. Berechnet man aus den empirisch gefundenen Krümmungswerten den absoluten Streckungszuwachs, dann zeigt sich, daß für die Schattenseite eine Wachstumsbeschleunigung, für die Lichtseite dagegen eine Wachstumshemmung anzunehmen ist gegenüber total verdunkelten Keimlingen, wie dies schon Noll angenommen hat. In einer neuen Arbeit (Planta 1928) greift Beyer dieses Problem wieder auf und geht von der reziproken Versuchsanordnung aus. Diesmal wurden Haferkeimlinge zunächst dunkel gehalten und dann entweder beiderseits opponiert belichtet oder bloß von der einen Seite aus. Es trat im Einklang mit den früheren Versuchen zutage, daß die beiderseitige Belichtung das Wachstum entweder unverändert läßt oder eine schwache Hemmung nach sich zieht. Diese Hemmung reicht aber in keiner Weise aus, um die positiv phototropischen

Krümmungen zu erklären, die in der zweiten Serie allenthalben auftreten. Denn die Wachstumsdifferenzen, die für die Licht- und die Schattenflanke der zweiten Serie nach dem Grade der Krümmung auf rechnerischem Wege gefunden wurden, sind auch hier wieder wesentlich größer, als sie nach dem Ausfall selbst der günstigsten Serien mit beiderseitiger Belichtung zu erwarten wären. Analog liegen die Verhältnisse bei der Gerste. Also auch hier kommt BEYER wieder zu einer durchaus negativen Einstellung. Man könnte hier einwenden, daß diese Ergebnisse nur gültig sind, für die speziellen, von BEYER gewählten Versuchsbedingungen und daß bei der Wahl anderer Lichtmengen vielleicht eine bessere Übereinstimmung mit BLAAUW zutage getreten wäre, aber BEYER weist mit Recht darauf hin, daß in diesem Fall die negativen Experimente entscheiden. Denn wenn auch nur für einen bestimmten Fall die Theorie sich als unzulänglich erwiesen hat, dann kann ihr keine Allgemeingültigkeit zugeschrieben werden. Schon in seiner früheren Arbeit hat aber BEYER den Rahmen weiter gezogen. Es gelang ihm der Nachweis, daß bei bestimmten Lichtverhältnissen dekapitierte Haferkeimlinge eine deutliche Photowachstumsreaktion zeigen, daß hier also die Bedingungen für die BLAAUWsche Erklärungsweise gegeben war. Aber diese Keimlinge zeigen bei einseitiger Belichtung *keine* phototropische Reaktion. Wir haben hier also zwar eine Photowachstumsreaktion, aber keinen Phototropismus. Auch diese Versuche sind von BEYER in seiner neuen Arbeit variiert worden und haben wieder zu demselben Resultat geführt, dem Resultat nämlich, daß auch von dieser Warte aus die Theorie von BLAAUW nicht haltbar ist. Auf einzelne spezielle, in der Arbeit von BEYER angeschnittene Fragen, soll hier nicht eingegangen werden; es kommt uns nur darauf an, diese wesentlichsten Gesichtspunkte herauszuschälen, die geeignet sind, die schon oft geäußerte skeptische Einstellung zu stützen.

Phototropische Induktion in der Spitze der Avenakoleoptile. Im Anschluß an die vorstehende Arbeit sei eine weitere Mitteilung von BOYSEN JENSEN besprochen, die zu gleicher Zeit und am gleichen Ort (Planta, 1928) erscheint und ebenfalls BLAAUWsche Gedankengänge streift. Nach BLAAUW ist die phototropische Krümmung lediglich die zwangsläufige Folge der selbstständig nebeneinander herlaufenden Photowachstumsreaktionen der Licht- und der Schattenflanke. Wirkt das Licht seitlich ein, dann ist die Lichtflanke starken, die Schattenflanke aber schwachen Lichtintensitäten ausgesetzt. Nach der Schätzung verschiedener Forscher muß der Lichtverlust sich um $^1/_{10}$ bis $^1/_{20}$ (DILLEWIJN) bewegen. Würde es nun gelingen, derart gestaffelte Lichtdosen den opponierten Hälften einer Koleoptilspitze getrennt zuzuführen, dann könnte man von der BLAAUWschen Theorie aus erwarten, daß nunmehr die Stümpfe eine zwangsweise induzierte pseudophototropische Krümmung nach der stärker belichteten Flanke ausführen. Auf diesem Gedankengange beruht die folgende Versuchsanordnung: Avenakoleoptilen wurden in der Spitzenregion möglichst median gespalten und in die Spaltfläche ein Platinscheibchen eingefügt (Fig. 1). Die derart vorbehandelten Keimlinge wurden nun in zwei Serien geteilt. Bei beiden Serien wurde die Basis der Keimlinge in der in der Fig. 1 angedeuteten Weise durch einen Schirm verdunkelt. Dagegen war die Belichtungsart in Serie I und Serie II verschieden.

Fig. 1.

Bei Serie I wurde die Koleoptilspitze opponiert, und zwar senkrecht zu dem Platinscheibchen belichtet. Durch dieses Platinscheibchen wurde erreicht, daß jede Spitzenhälfte nur von der einen Seite belichtet wurde. Entsprechend dem eben skizzierten Gedankengange wurden aber auf den opponierten Flanken verschiedene Lichtdosen gewählt, die in den verschiedenen Versuchsreihen zwischen $^1/_{87}$ und $^1/_{14}$ schwankten, also den von DILLEWIJN gemutmaßten Wert sowohl nach der einen, wie auch nach der andern Seite überschritten. Bei Serie II dagegen wurde nur einseitig belichtet, und zwar mit der höheren Intensität. Diesmal fiel aber das Licht parallel zu dem Platinscheibchen ein, so daß die Spitzenhälften auf ihrer Schmalseite vom Lichte getroffen wurden. Innerhalb jeder einzelnen Hälfte ist also ein Lichtabfall vorhanden, der den normalen Bedingungen entspricht. Die Erfahrung zeigte nun, daß in der ersten Serie gesicherte Krümmungen vollständig ausblieben, während in der zweiten deutliche phototropische Reaktionen eintraten. Das spricht also gegen BLAAUW. Um aber gewisse Bedenken auszuschalten, die auf dem veränderten Strahlengang beruhen, variierte BOYSEN JENSEN die Versuchsbedingungen in folgender Weise. An Stelle des Platinplättchens legte er ein durchsichtiges Glasscheibchen ein und belichtete nunmehr mit der hohen Intensität bloß von einer Seite aus, und zwar senkrecht zu dem Glasscheibchen (Fig. 1). Nunmehr empfingen beide Koleoptilhälften Licht, aber jetzt mit dem Gefälle, das den Versuchsbedingungen bei einseitiger Belichtung normaler Keimlinge entsprach. Nur war jetzt ein Zustand geschaffen, bei dem der normale Kontakt durch die Glaseinlage unterbrochen war. In diesem Fall traten aber nur ganz dürftige Reaktionen auf. Wurde aber weiterhin nun auch die Glaseinlage weggelassen und dafür gesorgt, daß die beiden Spitzenhälften eng aneinanderlagen, dann erschienen ausgeprägte phototropische Krümmungen, die nur wenig hinter den Krümmungen ungespaltener Koleoptilen zurückstanden. Das zeigt also, daß Reaktionen immer nur dann mit Sicherheit nachweisbar sind, wenn ein harmonisches Zusammenwirken der Licht- und der Schattenflanke und gegenseitiger Stoffaustausch möglich ist. Das führte zu der Auffassung, daß durch einseitige Belichtung der gesamte Keimling polarisiert wird, eine Auffassung, die schon vor langer Zeit FITTING vertreten hat.

Im Anschluß daran bespricht BOYSEN JENSEN an der Hand eines sehr instruktiven Schemas (Fig. 2) die verschiedenen Theorien, die für die Erklärung des Auftretens phototropischer Reaktionen aufgestellt worden sind. All diesen Theorien ist gemeinsam, daß die auf Licht- und Schattenflanke einen verschiedenen Abstrom von Wuchsstoffen annehmen. Aber im einzelnen gehen diese Vorstellungen stark auseinander. Soviel ist sicher, daß bei normal aufrecht wachsenden Keimlingen allseits gleiche Dosen von Wuchsstoff abströmen. Das wird durch die horizontale Linie D im Schema zum Ausdruck gebracht. Der Streit der Meinungen geht nun darum, in welcher Weise die Polarisie-

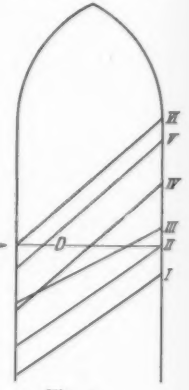


Fig. 2.

rung zustande kommt. Nach PAÁL bedingt einseitige Belichtung eine Zerstörung der Wuchsstoffe auf der Lichtseite. Bleibt ihre Menge auf der Schattenseite gleich, dann kommen wir zu Verhältnissen, die durch die Linie II festgehalten ist, greift die Zerstörung bis zur Schattenflanke hinüber, dann wird der Zustand durch die Linie I charakterisiert. Aber der PAÁLschen Auffassung stehen starke Bedenken entgegen. Eine andere Ansicht ist neuerdings von WENT jun. vertreten worden. Darnach bleibt die Gesamtmenge der abströmenden Wuchsstoffe etwa gleich, aber die einseitige Belichtung hat zur Folge, daß diese Wuchsstoffe nun zum Teil nach der Schattenflanke verfrachtet werden. Diesen Zustand gibt Linie IV wieder, die auch mit bestimmten Beobachtungen von BEYER übereinstimmen würde. Es ist deutlich, daß hier das mittlere Wachstum gleichbleibt, während nach PAÁL eine mittlere Wachstums*hemmung* resultieren müßte. BOYSEN JENSEN weist aber darauf hin, daß die WENTschen Versuche eher auf einen Zustand hindeuten, der in der Linie III festgehalten ist: schwache Zunahme der Wuchsstoffe auf der Schattenseite, starke Abnahme auf der Lichtseite. Wieder eine andere Auffassung vertritt BOYSEN JENSEN selbst. Auf Grund der Tatsache, daß der phototropische Reiz in erster Linie oder fast ausschließlich auf der Schattenseite geleistet wird, kommt er zu der Überzeugung, daß auf der Lichtseite keine oder doch nur eine minimale Unterdrückung der Wuchsstoffe stattfindet, daß dagegen auf der Schattenseite eine erhebliche Vermehrung solcher Substanzen stattfindet (Linie V oder VI). Die Frage, ob es sich hier nur um die normalerweise in der Spitze vorhandenen Wuchsstoffe oder um besondere *phototropische* Reizstoffe handelt, läßt BOYSEN JENSEN offen. Es muß der Zukunft überlassen bleiben, in diesen Fragen die letzte Klarheit zu bringen, indessen mag darauf hingewiesen werden, daß es gar nicht nötig ist, auf nur eine einzige der hier vertretenen Auffassungen festzulegen.

Untersuchungen über die Photodinese bei Vallisneria. Schon zahlreiche Beobachter haben darauf hingewiesen, daß die bekannte Protoplasmaströmung in den Blättern von Vallisneria durch die mannigfaltigsten Außenfaktoren ausgelöst werden kann. Nach der Nomenklatur von FITTING kann man hier von Chemo-, Traumato-, Hapto- und Photodinese reden. Mit der Chemodinese hat sich jüngst eine sehr eingehende Arbeit von FITTING selbst beschäftigt. Einer seiner Schüler, SCHWEICKERDT, hat nun die Photodinese einer entsprechenden Analyse unterzogen und hat die bisher auf diesem Gebiete gewonenen Erfahrungen wesentlich erweitern können. Vor allem hat er Wert darauf gelegt, die quantitativen Beziehungen zwischen Lichtintensität und Präsentationszeit zu eruieren (Jahrb. f. wiss. Bot. **68**, 1928). Würde hier das bekannte Reizmengengesetz gültig sein, dann hätte man erwarten können, daß für die Auslösung der Protoplasmaströmung das Produkt aus Lichtintensität × Belichtungszeit maßgebend ist, daß also zwischen Präsentationszeit und Intensität umgekehrte Proportionalität besteht. Das hat aber in den Versuchen von SCHWEICKERDT keinerlei Unterlagen gefunden. Es zeigt sich zwar, daß, je kleiner die Intensität ist, um so mehr die Expositionsdauer ansteigen muß, damit eben gerade Strömung erscheint, multipliziert man aber die Zeit- und die Intensitätswerte, dann ergibt sich keine Konstanz, vielmehr zeigt sich, „daß die Reizschwelle nicht allein von der zugeführten Lichtmenge, sondern auch von der Energiedichte (Intensität) des einwirkenden Lichtes abhängig ist, und zwar derart, daß durch geringe Lichtintensitäten, die längere Zeit einwirken, ein größerer Reizerfolg erzielt wird, d. h. mehr Blätter reagieren, die Präsentationszeiten also kürzer sind, als in hohen Intensitäten, die entsprechend kürzere Zeit einwirken." Diese Beobachtung verdient deswegen Beachtung, weil in neuerer Zeit auch für die phototropischen Krümmungen der Pflanzen, für die die Tatsachen gesichert galten, das Reizmengengesetz in Frage gezogen wird. SCHWEICKERDT hat auch mit spektral zerlegtem Licht gearbeitet und gefunden, daß sowohl die roten, wie auch die grünen und blauben Strahlen wirksam sind, und zwar abfallend von Rot über Blau nach Grün. Dagegen wurde im Gegensatz zu H. NOTHMANN-ZUCKERKANDEL kein Erfolg bei der Einwirkung von ultrarotem Licht ermittelt. Dauerbelichtung mit weißem, rotem und grünem Licht führte zu der Feststellung, daß die Plasmaströmung bei der Einwirkung von roten und grünen Strahlen nach einiger Zeit erlischt, daß diese Wellenlängen also nur als Übergangsreiz wirken, daß nach der Einwirkung von weißem Licht die Strömung aber dauernd bestehen bleibt, wenn sie auch späterhin merkbar abnimmt. Läßt man sehr hohe Lichtintensitäten dauernd einwirken, so ruft das schließlich eine Schädigung der lebenden Zellen hervor. Bei intermittierender Reizung tritt eine Summation unterschwelliger Reize hervor, wählt man aber längere Pausen, dann tritt Reizverlust ein, d. h., die Einzelreize werden nicht mehr vollkommen summiert. Insgesamt betrachtet runden die Beobachtungen von SCHWEICKERDT unsere Erfahrungen über photodinetische Erscheinungen bei Vallisneria in sehr schöner Weise ab.

Über die Bedingungen des nächtlichen Blühens von Cereus grandiflorus (Königin der Nacht). Mit den Bedingungen des Blühens der beliebtesten Cactusform unserer Gewächshäuser, der bekannten Königin der Nacht, beschäftigt sich eine Arbeit von SCHMUCKER (Planta, 1928). Wie schon der Name andeutet, handelt es sich hier um einen ausgesprochenen Nachtblüher, der am Abend, freilich schon erheblich vor Eintritt der Dunkelheit, seine großen, duftenden Blüten entfaltet, um sie am frühen Morgen ziemlich gleichzeitig mit der Morgendämmerung zu schließen. Da es sich hierbei um eine *ephemere* Blüte handelt, so wiederholt sich dieser Vorgang nur einmal, und die auffälligen Blütenorgane sterben darnach ab. SCHMUCKER hat sich nun die Frage gestellt, ob es möglich ist, diesen normalen Ablauf des einmaligen Blütenrhythmus zu durchbrechen und in ein anderes Geleis einzulenken. Das ist nun tatsächlich der Fall. Verdunkelt man das Gewächshaus derart, daß das Tageslicht nicht einzudringen vermag, dann tritt zunächst trotzdem zum richtigen Zeitpunkt Blütenöffnung ein, jetzt aber in dauernder Dunkelheit. Hier handelt es sich offenbar um einen innerlich gefestigten Rhythmus, und die äußeren Vorgänge, die sonst über dem normalen Auftreten des Blütenrhythmus walten, wirken bis zu einem gewissen Grade nach. Das zeigt sich vor allem darin, daß auch dann, wenn man vermittels elektrischen Lichtes dauernd *inverse* Lichtverhältnisse schafft, trotzdem bei den sich weiterhin entfaltenden Blüten zunächst der normale Rhythmus erscheint, der zur Folge hat, daß die Königin der Nacht sich zwar des Nachts öffnet, aber bei Licht, und des Tags, schließt, indessen bei vollem Licht. Das geht aber nicht unbegrenzt so weiter, vielmehr spielen sich die Blüten in den neuen künstlichen Rhythmus ein mit einer Phasenverschiebung von 12 Stunden; der inhärente Rhythmus ist durchbrochen worden und hat einem neuen Platz gemacht, der eine Zeitlang auch noch dann beibehalten wird, wenn man zu dauernder künstlicher Belichtung übergeht. Also auch

dieser aufdiktierte Rhythmus zeigt vorübergehende Nachwirkungserscheinungen. Alle diese Beobachtungen fügen sich sehr schön ein in das was man über die entsprechenden Vorgänge bei *periodischen*, in regelmäßigem Rhythmus sich wiederholt öffnenden und schließenden Blüten (Kompositen wie Bellis und Calendula) ermittelt hat, und so sind sie geeignet, unsere Erfahrungen auf eine breitere Grundlage zu stellen. P. Stark.

Astronomische Mitteilungen.

Die Tagung der Intern. Astron. Union in Leiden. Vom 5. bis 13. Juli dieses Jahres tagte in Leiden die Intern. Astron. Union, eine der vom Conseil de Recherches nach dem Kriege begründeten wissenschaftlichen Vereinigungen. Den Vorsitz im Präsidium hatte der holländische Astronom Prof. de Sitter (Leiden) inne. An der Tagung nahmen als Mitglieder und Gäste der Union über 300 Delegierte aus mehr als 20 Nationen teil, darunter in diesem Jahre zum erstenmal, und zwar als Gäste der Union, eine Anzahl (14) deutscher Delegierter als Vertreter von 10 deutschen Instituten.

Daß die deutschen Astronomen nicht als stimmberechtigte Mitglieder der Union an dieser Tagung teilnehmen konnten, hat seinen Grund in der Tatsache, daß Deutschland bisher noch nicht dem Conseil de Recherches beigetreten ist, so daß es auch keiner der ihm angegliederten Unionen angehören kann.

Die Bedenken deutscherseits gegen einen Beitritt zum Conseil de Recherches sollen auf dessen staatlicher Organisation beruhen — tatsächlich sind aber von den 35 dem Conseil de Recherches angeschlossenen Nationen 28 durch wissenschaftliche Organisationen und nur 7 durch ihre Regierungen vertreten. — Unleugbar trägt der Conseil de Recherches noch Züge, die auf sein Entstehen unmittelbar nach dem Kriege, also zu einer noch nicht wieder gesundeten Zeit, hinweisen. Man hat aber unentwegt dahin gearbeitet, ihn zu einem Förderer wirklicher internationaler Zusammenarbeit der Nationen auszugestalten, und als letzte Phase dieser Entwicklung die die Zentralmächte aus seinem Verband ausschließenden Beschlüsse schon vor zwei Jahren einmütig annulliert. Als trotzdem Deutschland Bedenken trug, dem Conseil de Recherches beizutreten, hat der Präsident der Astron. Union sein Recht, Gäste einzuladen, so weit gefaßt, daß er die Deutschen als Gäste zu der bevorstehenden Tagung einlud, um auf diese Weise ihr einen wirklich internationalen Charakter zu verleihen.

Man erwartet darum auch von deutscher Seite entsprechende Opfer an die Idee der internationalen Zusammenarbeit. Wenn fast alle Länder der Erde, auch die an dem Kriege und der ersten Gründung des Conseil de Recherches nicht beteiligten Länder, wie Dänemark, Holland, Schweden, Schweiz, Spanien, die ihm erst später beigetreten sind, keinen berechtigten Grund gesehen haben, an der Organisation des Conseil de Recherches prinzipiellen Anstoß zu nehmen, wird man wohl kaum Deutschland eine besondere Berechtigung hierzu einräumen wollen, nachdem alles beseitigt worden ist, was als eine Benachteiligung der Mittelmächte empfunden werden könnte. Es ist vielmehr zu fürchten, daß Deutschlands Zurückhaltung als Mangel an aufrichtiger Bereitwilligkeit — wenigstens von seiten der Wissenschaftler — zu internationaler Zusammenarbeit gedeutet werden wird.

Da der Conseil de Recherches und die ihm angegliederten Unionen vor einer Umgestaltung stehen — ihre Statuten erlöschen im Jahre 1931 nach 12jähriger Dauer automatisch — so ist der Beitritt Deutschlands in diesem Zeitpunkt erwünscht, damit deutsche Delegierte an der Beratung der neuen Statuten teilnehmen und ihre Wünsche zum Ausdruck bringen können, auf daß die neuentstehende Union wirklich den Charakter einer internationalen wissenschaftlichen Vereinigung erhält. Mit einer unbeteiligten, kritischen Einstellung, ohne Mitverantwortlichkeit an dem Geschaffenen tun wir nichts zur Gesundung der Verhältnisse.

Der wissenschaftliche Teil der Tagung spielte sich in einer großen Zahl von Kommissionssitzungen ab; es gab eine Kommission für Sonnenphysik, für Doppelsterne, kleine Planeten, veränderliche Sterne usw. Jeder Kongreßteilnehmer nahm nach Belieben an den Sitzungen teil, deren Beratungsgegenstand seinen Interessen am nächsten lag. Die Vorsitzenden der verschiedenen Kommissionen — in der Tat fast ausnahmslos die auf dem betreffenden Forschungsgebiet führenden Wissenschaftler — hatten Berichte über ihr Gebiet abgefaßt, die gedruckt vorlagen. Die Sitzungen wurden im wesentlichen nur dazu benutzt, die Berichte durchzugehen und den verschiedenen, an dem zur Diskussion stehenden Forschungsgebiet aktiv beteiligten, Wissenschaftlern Gelegenheit zu geben, sich ausführlich über ihre Arbeitsmethoden und Aufgaben zu äußern. Natürlich bieten solche Sitzungen nicht den Ort, bis in die Tiefen der Probleme vorzudringen, aber die Sitzungen bildeten selbst nur den Ausgangspunkt für anschließende engere persönliche Aussprachen, wozu die verschiedenen Empfänge und Abendgesellschaften, die solche Kongresse stets begleiten, reichlich Raum und Zeit boten, und auf diese Aussprachen wiederum folgten dann sich an die Tagung anschließende, oft mehrtägige, Besuche solcher Institute, die von Holland aus leicht zu erreichen und wo neue Anlagen zu besichtigen waren. So hat der Kongreß dem Bestreben, die internationale Zusammenarbeit der verschiedenen Länder zu fördern, unbedingt weitgehend gedient. Da die führenden Astronomen der ganzen Welt fast vollzählig in Leiden versammelt waren, so bot sich eine Gelegenheit zum Gedankenaustausch, wie sie früher nicht bestanden hat.

Natürlich offenbarten sich auch mancherlei Hemmungen zwischen Mitgliedern am Kriege beteiligter Nationen, sich persönlich näher zu kommen, aber offensichtliche Störungen der Zusammenarbeit sind nicht vorgekommen. Erwin Freundlich.

Veröffentlichungen der Mathematisch-physikalischen Klasse der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen.

Geschäftsjahr 1927.

(Redaktion: Hans Stille, Sekretär der Mathem.-Phys. Klasse.)

I. Abhandlungen.

H. Mortensen, Göttingen, **Der Formenschatz der nordchilenischen Wüste.** Ein Beitrag zum Gesetz der Wüstenbildung. (Abh. Bd. XII, 1; vorgelegt von W. Meinardus am 28. I. 1927.) Das chilenische Wüstengebiet zeigt bezüglich der wirkenden Kräfte und der auftretenden Formen bemerkenswerte regionale Unter-

schiede. Die eigenartigste Ausbildung besitzt die *Kernwüste*. In ihr spielt der wahrscheinlich eluviale Wüstenstaub eine sehr erhebliche Rolle. Seine Oberfläche weist eine wenige Millimeter mächtige Verhärtung (nicht eigentlich Kruste!) auf, die „Staubhaut". Diese schützt den lockeren Staub vor dem Angriff des Windes. Deflation und Korrasion spielen infolgedessen in der Kernwüste eine außerordentlich geringe Rolle, und nur die sehr selten, alle paar Jahrzehnte einmal fallenden Regen vermögen formend zu wirken. Fluviatile Formen beherrschen daher das Landschaftsbild; Dünen oder andere Windformen fehlen in der Kernwüste völlig. Eine weniger extreme Ausbildung zeigt die *Mittelwüste*, in der das lockere Material nicht mehr geschützt gegen den Wind ist. Wind und Schwerkraft spielen eine etwas größere Rolle; die durch Wasser geschaffenen Formen sind merklich verwischt. In der *Randwüste*, die jedoch noch völlig extrem im üblichen Sinne ist und keineswegs etwa mit der Halbwüste verwechselt werden darf, treten Wind und Schwerkraft noch mehr in den Vordergrund; die wasserbedingten Formen treten stark zurück. Längs der Küste zieht sich die *Küstenwüste* hin, die in ganzer Erstreckung des chilenischen Wüstengebietes, ohne Rücksicht auf die Formen im Inneren des Landes, ein ziemlich einheitliches Aussehen hat. Korrasion und Deflation spielen wahrscheinlich eine größere Rolle; aber auch die Formen der fluviatilen Erosion fehlen nicht. Die Küstenwüste ist in großen Teilen gekennzeichnet durch das weitgehende Zurücktreten von Lockermaterial.

Die verschiedenen Wüstentypen zeigen eine deutlich erkennbare regionale Anordnung, deren Zusammenhang mit den feinen klimatischen Unterschieden ausführlich diskutiert wird. Es zeigt sich, daß die Verbreitung der verschiedenen Typen eng parallel geht der Verdunstungshöhe, daß wir also die verschiedene Ausbildung der Formen als den Ausfluß einer verschieden großen Aridität betrachten können. Die im einzelnen möglichen Zusammenhänge zwischen Grad der Aridität und Formenschatz werden zur Diskussion gestellt.

In einem kurzen Schlußkapitel wird versucht, die gewonnene neue Erkenntnis, daß feine klimatische Unterschiede innerhalb des bisher einfach als voll- oder extremarid bezeichneten Wüstengebietes eine sehr differenzierende Rolle für den Formenschatz und die wirkenden Kräfte spielen, vergleichsweise auch auf andere als die chilenischen Wüstengebiete anzuwenden. Es zeigt sich, daß alle zur Diskussion gestellten fremden Wüsten Parallelen in einem der in Chile auftretenden Wüstentypen besitzen, so daß nach Ansicht des Verfassers die Hoffnung besteht, die aus extremen Wüstengebieten verschiedener Aridität gewonnenen, zum Teil immer noch sehr gegensätzlichen Meinungen über den Formenschatz der „Wüste" bei richtiger Wertung der verschiedenartigen klimatischen und lokalen Verhältnisse auf einen Generalnenner zu bringen. Daß die morphologische Bedeutung der feinen klimatischen Unterschiede innerhalb der Vollwüste erst in der chilenischen Wüste und nicht schon in anderen Wüstengebieten erkannt wurde, hat darin seinen Grund, daß die Orographie des chilenischen Wüstengebietes eine besonders scharfe Abgrenzung und ein besonders deutliches Nebeneinander der verschiedenen Wüstentypen zur Folge hat.

R. Vogel, Göttingen, **Über die Strukturformen des Meteoreisens und ihre spezielle Beeinflussung durch Umwandlung und beigemengten Phosphor.** (Abh. Bd. XII, 2; vorgelegt von G. Tammann am 25. II. 1927.) Die Grundlage zum Verständnis der Strukturen des Meteoreisens ist das Zustandsdiagramm der Fe-Ni-Legierungen. Eine Erklärung der meteorischen Struktur ist aber erst nach Vervollständigung des Diagramms bezüglich der δ-γ-Umwandlung der Fe-Ni-Mischkrystalle möglich geworden. Allgemein hat sich gezeigt, daß die Strukturen des Meteoreisens wesentlich durch die Zustandsänderungen hervorgerufen werden, welche der Polymorphismus des Eisens in seinen Mischkrystallen mit Ni bedingt. Die δ-γ-Umwandlung erzeugt bei der Krystallisation der Fe-Ni-Legierungen bei 1450° eine Mischungslücke von 6—30% Ni, welche sich nach tieferen Temperaturen zu wieder schließt. Die Hexaedriten mit 4—$5^1/_2$% Ni liegen außerhalb der Mischungslücke und bestehen demgemäß ganz aus einer Krystallart, dem Kamazit. Dagegen fallen die Oktaedrite, welche die Widmannstättenschen Figuren zeigen und $5^1/_2$—$15^1/_2$% Ni enthalten, in das Gebiet der Mischungslücke. Die Strukturelemente der Oktaedrite, der Kamazit und der ihn umsäumende Taenit mit rund 30% Ni, sind die Grenzmischkrystalle jener Lücke. Dendritisch aus der Schmelze abgeschiedenen Kamazit umgeben von Taenit zeigen auch die künstlichen Fe-Ni-Legierungen. Dieses Gefüge verschwindet ebenso wie beim Meteoreisen beim Erhitzen, da es unter 1450° instabil ist, unter Bildung in sich und unter sich homogener Mischkrystalle. Mikroskopische Figuren aus hellen verwachsenen Nädelchen in dunkler Grundmasse, vom Verfasser „Umwandlungsfiguren" genannt, welche im Kamazit künstlicher und meteorischer Legierungen mitunter beobachtet werden und beim Glühen ebenfalls verschwinden, sind ein weiteres Strukturrelikt der δ-γ-Umwandlung, welches vom Passieren des δ-γ-Umwandlungsintervalles zwischen 0—6% Ni herrührt.

Ein zwillingsfreies und ein anderes zwillingshaltiges Korngefüge, das sich beim Erhitzen meteorischer und künstlicher Legierungen ausbildet, ist eine Folge der α-γ-Umwandlung der Fe-Ni-Mischkrystalle. Das erste ist ein Merkmal für die Wiedererhitzung eines Meteoreisens ins α-Feld (400—600°), das zweite für Erhitzung ins γ-Feld (über 600°). Diese Merkmale sind bei vielen Meteoreisen vorhanden.

Meteorisches Phosphornickeleisen, welches entweder in Form vereinzelter Schreibersitkrystalle oder als Rhabdit in Scharen mikroskopischer orientierter Nädelchen auftritt, aus 16% P und wechselnden Mengen von Fe-Ni besteht und dem Meteoreisen im ganzen einen P-Gehalt von nur 0,2—0,5% erteilt, löst sich beim Erhitzen des Meteoreisens oberhalb 900° unter Bildung eines ternären P-haltigen Mischkrystalles in Kamazit auf, scheidet sich aber beim Abkühlen in der ursprünglichen Form nicht wieder aus. Der Mischkrystall zerfällt vielmehr in das feine Eutektoid, aus welchem die „dichten Ataxite" und der wiederum „dunkle Plessit" bestehen. Entsprechende Strukturen zeigen auch die künstlichen Fe-Ni-Legierungen mit den P-Gehalten des Meteoreisens (0,2—0,5%). Schreibersit wurde synthetisch hergestellt. Eine Legierung mit 60% Fe, 25% Ni, 15% P besteht fast ganz aus Krystallen von der charakteristischen Form des Schreibersit. Rhabditnädelchen entstehen in künstlichen Legierungen als Entmischungsprodukt eines ternären P-haltigen Mischkrystalls mit etwa 2% P. Die Betrachtung der theoretisch möglichen Gleichgewichtsfälle im Dreistoffsystem Fe-Ni-P zeigt, daß Schreibersit und Rhabdit in Legierungen mit den geringen P-Gehalten der Meteoreisen nicht stabil sind. So erklärt sich ihre Auflösung beim Erhitzen des Meteoreisens und die Ausbildung einer andersgearteten Gleichgewichtsstruktur, nämlich des Eutektoides. Voraussetzung für

das Auftreten von Schreibersit und Rhabdit sind lokale Anreicherungen des P-Gehaltes im Meteoreisen.

Die Struktur der dichten Ataxite tritt also auf, wenn der P-Gehalt des Meteoreisens von 0,2—0,5 gleichmäßig verteilt ist. Schreibersit und Rhabdit entsprechen größeren, „dunkler Plessit" und „fleckiger Kamazit" kleinen lokalen P-Anreicherungen. Die körnigen Ataxite sind Umwandlungsprodukte von Hexaedriten, erzeugt durch Wiedererhitzung, welche zur Ausbildung der Körnung, aber nicht zur vollständigen Auflösung des Rhabdits ausgereicht hat.

Das Vorherrschen instabiler Gefügezustände ist für das meteorische Eisen höchst charakteristisch. Die Neigung zum Festhalten instabiler Zustände ist schon den Fe-Ni-Legierungen eigentümlich, durch Beimengungen von Phosphor wird sie außerordentlich gesteigert. ●

Hans Stille, Göttingen, **Über westmediterrane Gebirgszusammenhänge.** (Abh. Bd. XII, 3.) Nach einer allgemeinen Diskussion der Begriffe „Gebirgszusammenhänge" und „Leitlinien" wird die Gegensätzlichkeit alpidischer und vorländischer Gebirgsbildung im einzelnen erörtert. Die Pyrenäen werden als ein in sich geschlossenes zweiseitiges Orogen dargestellt; daß dem gegen Norden gefalteten Nordstamme des Gebirges die gegen Süden gerichteten Südpyrenäen als tektonisch gleichberechtigt gegenüberstehen und daß die Südpyrenäen nicht etwa „rückgefaltet" sind, wird im wesentlichen damit begründet, daß die Südpyrenäen ebenso eine Vortiefe haben wie im Norden die Nordpyrenäen und daß gegen diese Vortiefe die Faltung im Laufe der Phasen der alpidischen Gebirgsbildung in gleicher Weise gewandert ist wie im Norden die Faltung der Nordpyrenäen gegen die nördliche Vortiefe. Im Sinne dieser Ausführungen sind die Celtiberischen Ketten, die im Süden der Pyrenäen jenseits der Ebro-Vortiefe aufragen, kein Glied des alpidischen Systems, sondern ein Stück Vorland, und dieser Auffassung entspricht durchaus die an der Hand von Einzelprofilen erläuterte Struktur dieser Ketten, die starke Anklänge an die saxonische Gebirgsbildung des außeralpidischen Mitteleuropas aufweist. Die Balearen sind als Fortsetzung der Südpyrenäen in der östlichen Umrahmung des großen iberischen Vorlandes, das in seinem östlichsten Teile heute unter dem Mittelmeer versunken liegt, aufzufassen. Daß auf Ibiza und Mallorca aber die Hauptfaltung erst etwas später (postburdigalisch) eingetreten ist, als auf Menorca (vorburdigalische Faltung!), ist nur ein weiteres Beispiel eines zonaren Wanderns der Faltung gegen das Vorland und nicht der Ausdruck dessen, daß Menorca als etwas Fremdes vom übrigen betisch-balearischen Systeme abgetrennt werden müßte.

O. Neugebauer, Göttingen, **Zur Entstehung des Sexagesimalsystems** (Abh. Bd. XIII, 1; vorgelegt von R. Courant am 15. VII. 1927.) Die Geschichte des babylonischen Zahlensystems wird in die numerische Frühzeit zurück verfolgt und zusammen mit dem Positionssystem aus Erfordernissen des Messens und Wägens hergeleitet.

II. Nachrichten

A. Windaus und F. Holtz, **Die experimentelle Rattenrachitis und ihre Beziehung zum Ergosterin** (Vorgelegt von A. Windaus am 11. III. 1927.) In dieser Arbeit wird ausführlich die Erzeugung der „experimentellen Rattenrachitis" beschrieben. Ferner wird gezeigt, daß Ergosterin, Ergosterylacetat, Digitaligenin und Acetyl-digitaligenin nach Bestrahlung mit ultraviolettem Licht die Rachitis zu heilen vermögen. Zahlreiche Röntgenaufnahmen, Mikrophotogramme und Zeichnungen sind beigegeben.

A. Windaus, **Über die Formeln der Digitalisglykoside II. Über Digitalinum verum.** (Vorgelegt am 20. Mai 1927.) Digitalinum verum ist das wirksame Glykosid aus dem Samen von Digitalis purpurea. Es wird versucht, durch umfangreiche analytische Untersuchungen für das Digitalinum verum und seine Spaltstücke die richtigen Formeln zu ermitteln.

J. v. Neumann, **Über die mathematischen Grundlagen der Quantenmechanik.** (Vorgelegt von M. Born am 20. V. 1927.) Die statistische Deutung der Quantenmechanik in der Form, die sie von Jordan und Dirac erhalten hat, leidet an mathematischen Schwächen, die im wesentlichen auf der Schwierigkeit beruhen, das Analogon der Einheitsmatrix im kontinuierlichen Spektrum zu bilden. In der vorliegenden Arbeit werden diese Schwierigkeiten überwunden durch den Nachweis, daß sich eine allgemeine Invariantentheorie der linearen Operatoren im Hilbertschen Funktionenraume durchführen läßt, die genau mit dem Formalismus der Quantenmechanik übereinstimmt.

F. Lotze, **Die Jolysche Radioaktivitätshypothese zur Erklärung der Gebirgsbildungen.** (Vorgelegt von H. Stille am 17. VI. 1927.) Die Jolysche Hypothese versucht, eine Erklärung für die geotektonischen Prozesse, vor allem für die Entstehung der Gebirge, zu geben. Sie gründet sich auf gewisse Anschauungen über den Bau der Erdkruste und die Annahme, daß durch den Zerfall der in der Erde vorhandenen radioaktiven Substanzen mehr Wärme erzeugt wird, als gleichzeitig durch die feste Kruste abgeleitet werden kann. Die sich ansammelnde Wärme soll zu einer Aufschmelzung des die feste Kruste unterlagernden Simas führen, das jedoch infolge der durch das Schmelzen veränderten thermischen Bedingungen nach gewisser Zeit wieder erstarren soll. Diesem rhythmischen Wechsel von Schmelzung und Erstarrung soll ein ebensolcher Wechsel von Ausdehnung und Zusammenhang der Kruste parallelgehen, der wiederum mit Zerrungen bzw. Orogenesen verbunden sein soll. Diese Hypothese wird diskutiert, wobei die folgenden physikalischen und geologischen Einwände gegen sie erhoben werden: I. Physikalische Einwände: 1. Die von Joly vertretenen Vorstellungen vom Bau der Erdkruste sind sehr hypothetischer Natur. 2. Die Annahme, daß durch die Radioaktivität mehr Wärme erzeugt wird, als gleichzeitig abgeleitet werden kann, ist nicht genügend begründet. Vor allem ist von Joly nicht der wärmezerstreuende Einfluß des Vulkanismus in Betracht gezogen. 3. Ein periodischer Wechsel von Aufschmelzung und Wiedererstarrung des Simas ist unter den von Joly angegebenen Bedingungen physikalisch nicht möglich; es muß sich vielmehr ein thermisches Gleichgewicht einstellen. 4. Aufschmelzungen des Simas führen zu Instabilitäten der Erdkruste und würden einen Untergang derselben bewirken. II. Geologische Einwände: 1. Es besteht ein Widerspruch zwischen den für das Alter der Erde anzunehmenden Werten und Jolys Darlegungen. 2. Eine Periodizität der geologischen Prozesse in der von Joly angenommenen Form besteht nicht. Die Zahl der Gebirgsbildungen ist viel größer als Joly annimmt. 3. Die von der Hypothese vorausgesetzte zeitliche Trennung von Zerrungs- und Faltungsvorgängen ist nicht erwiesen. Zum Schluß wird die von Holmes versuchte Erweiterung der Jolyschen Hypothese kritisch betrachtet und ebenfalls abgelehnt.

W. Heubner und Rolf Meier, **Über typische Giftwirkungen am Stoffwechsel der Hefe.** (Vorgelegt von W. Heubner am 1. VII. 1927.) Nach dem von Bar-

CROFT-WARBURG ausgebildeten Verfahren wurde an mehreren Heferassen eine Anzahl von Zellgiften untersucht; d. h. es wurde in gepufferter, glucosehaltiger Lösung bei optimaler Temperatur der Verbrauch von Sauerstoff und die Abgabe von Kohlensäure in den Gasraum manometrisch bestimmt, stets vergleichsweise an unvergifteten Proben und unter der Einwirkung zahlreicher Giftkonzentrationen. Die Versuchsdauer betrug stets *eine* Stunde. Verschiedene Heferassen verhielten sich keineswegs ganz übereinstimmend. Am aufschlußreichsten waren die Versuche an der Brennereihefe, die aerob in annähernd gleichem Umfange den Zucker „veratmet" und „vergärt". Hier konnten 3 Klassen von Giften deutlich unterschieden werden: der „Blausäuretyp", der die Atmung in geringeren Konzentrationen vermindert als die Gärung; der „Fluoridtyp", der umgekehrt die Gärung eher angreift als die Atmung; und endlich der „Silbertyp", bei dem kein Unterschied der Empfindlichkeit für Atmung und Gärung zu erkennen war. Zum „Fluoridtyp" gehörten Sublimat, Chromat, Jod, Eosin und Oxychinolin, zum „Blausäuretyp" vor allem Arsenik und Phenol; bei diesem Typus wurde in den geringsten atmungshemmenden Konzentrationen eine *Vermehrung* der Kohlensäure festgestellt, die einer partiell kompensierenden Vergärung von Zucker an Stelle des nicht veratmeten Anteils entsprach. An der normalerweise kaum atmenden, so gut wie ausschließlich vergärenden untergärigen Bierhefe wurde *niemals* eine Vermehrung der Gärungskohlensäure durch geringe (oder stärkere) Giftdosen beobachtet; hier war eben eine Kompensation für die vergiftete Atmung nicht möglich. Aber auch an der wenig gärenden Kahmhefe war niemals eine Vermehrung der Kohlensäure zu entdecken. Eine Vermehrung der Sauerstoffaufnahme war an keinem Organismus und bei keiner Konzentration irgendeines der zahlreichen geprüften Gifte festzustellen; somit konnte auch niemals auf eine „Steigerung der Lebenstätigkeit" durch geringe Giftdosen geschlossen werden, ganz abgesehen von der unzureichenden Definition dieses viel gebrauchten und mißbrauchten Ausdruckes.

S. COHN-VOSSEN, **Zwei Sätze über die Starrheit der Eiflächen.** (Vorgelegt von R. COURANT am 1. VII. 1927.) Untersuchung der Frage nach der Möglichkeit bzw. Unmöglichkeit der Verbiegung konvexer Flächen.

W. SAXER, **Über die Grenzen der Anwendbarkeit der Wimannschen Sätze.** (Vorgelegt von R. COURANT am 1. VII. 1927.)

W. KOSSEL, **Zur Theorie des Krystallwachstums.** (Vorgelegt am 29. VII. 1927.) Es werden die Grundlinien einer Betrachtungsweise angegeben, die die Anlagerung der einzelnen Atome an der Krystalloberfläche verfolgt, und angenommen, daß bei sehr langsamem Wachstum die bei den verschiedenen Anlagerungsmöglichkeiten freiwerdenden Energien über deren Häufigkeit entscheiden. Zeigt etwa ein Steinsalzkrystall auf einer Würfelfläche die Anlage einer neuen Netzebene, so bieten die Vorgänge, durch die diese fortgesetzt wird, erheblich höheren Energiegewinn, als solche, mit denen auf ihr eine neue begonnen wird. Es besteht also eine ausgesprochene Tendenz, zunächst begonnene Netzebenen „auszuheilen", d. h. ausgedehnte 100-Ebenen als Grenzen des Krystallkörpers auftreten zu lassen. In der Zone der Würfelkante von Steinsalz zeigen sich rechnerisch 100 und 210 in dieser Weise bevorzugt, während für 110 die Verhältnisse verwickelter liegen und eine Neigung zur Streifung längs der Würfelkante voraussehen lassen. Alles dies entspricht den besten Beobachtungen am Wachstum von Kugeln. Das entwickelte Prinzip scheint fähig, allgemein zu beleuchten, auf welche Weise überhaupt die regelmäßige äußere Gestalt eines Krystalls von der Regelmäßigkeit seines Gitters bestimmt wird. Eine ausführliche Darstellung soll folgen.

KARL HEIDER, **Über das Nervensystem von Beroe ovata.** (Vorgelegt am 29. VII. 1927.) Es wird nachgewiesen, daß bei den Rippenquallen außer dem bisher allein bekannten allgemeinen Hautnervenplexus noch besondere Erregungsleitungsstränge vorhanden sind. Sie beginnen im Epithel des Schweresinnesorgans am oberen Pol des Tieres und begleiten die 8 Meridianstreifen, welche die Ruderplättchen tragen. Sie bestehen aus einer Modifikation des allgemeinen Nervennetzes, dem „Stranggewebe", in dem die Maschen in einer Richtung in die Länge gezogen und die Nervenzellen bipolar sind. In den Epithelpolstern der Ruderplättchen wird eine reiche Ausstattung mit Nervenzellen und Sinneszellen, ein förmliches „Eigennervensystem", festgestellt. Hierdurch wird die selbständige Reaktionsfähigkeit einzelner Plättchenpolster erklärt.

ALFRED KÜHN und GOTTFRIED FRAENKEL, **Über das Unterscheidungsvermögen der Bienen für Wellenlängen im Spektrum.** (Vorgelegt am 29. VII. 1927.) Bienen wurden mit Futter auf einzelne Ausschnitte aus einem prismatischen Spektrum dressiert. Dann wurde geprüft, wieviele Anflüge nach Dressur auf eine bestimmte Farbe auf die einzelnen Stufen einer Serie von Ausschnitten aus dem ganzen Spektrum, eine Spektralleiter, ohne Futter erfolgten. Die Anflüge ergeben Fehlerkurven, deren Maximum und deren Streuung mit der Dressurwellenlänge wechselten. Innerhalb von 4 für das Bienenauge scharf verschiedenen Hauptreizqualitäten werden noch feinere Wellenlängenabstufungen von den Bienen unterschieden.

G. TAMMANN und W. RIENÄCKER, **Über die Giftwirkungen einiger Metalle und Metallegierungen auf Bakterien.** (Vorgelegt von G. TAMMANN am 29. VII. 1927.) NÄGELI entdeckte die tödliche Wirkung sehr geringer Kupfermengen auf Algen, die oligodynamischen Wirkungen. Legt man auf eine mit Bakterien geimpfte Nährgelatine ein Stückchen Kupfer- oder Silberblech und läßt die Bakterien auskeimen, so entsteht um das Blech ein von Bakterienkolonien freier Hof, der von einem Hof verminderten Wachstums umgeben ist, der von einem Ringe erhöhten Wachstums, größerer Koloniendichte, von seiner Umgebung normalen Wachstums getrennt ist. Die Hofbreiten wurden mit Unrecht als Maß der Giftigkeit der einzelnen Metalle betrachtet. Auch bei derselben Bakterienart erkrankt die Hofbreite in starken Grenzen. Die Giftigkeitsgrenze wurde für Naturlösungen mit verschiedenen bekannten Kupfer- und Silbergehalten bestimmt. Bact. Gossypii wuchs, wenn der Kupfergehalt unter $1{,}10^{-3}$ G-Atome Cu/Liter sank, und nicht mehr, wenn er auf $1{,}10^{-3}$ G-Atome Cu/Liter stieg. Für Silber lag diese Grenze bei 100fach größerer Verdünnung, war aber auch 10mal unschärfer. Nach ihrer Hofbreite ist die Giftwirkung von Metallstücken auf Bact. Gossypii folgende. Giftig wirken die Metalle: Hg, Ni, Cu, Sb und Ag, schwächer Zn und Cd, und ungiftig sind Al, Cr, Mn, Fe, Bi, Au und Pt. Die Empfindlichkeit der Bakterien gegen gelöste Metalle ist überschätzt worden. Die auf ihr Körpergewicht bezogenen von ihnen aufgenommenen Mengen giftig wirkender Metalle können recht erheblich sein.

H. LEWY, **Über den analytischen Charakter partieller Differentialgleichungen.** (Vorgelegt von R. COURANT am 28. X. 1927.) Für den analytischen Charakter elliptischer Differentialgleichungen wird ein von den bisher bekannten völlig abweichendes und viel ein-

facheres, auf funktionentheoretischer Basis beruhendes Beweisverfahren entwickelt.

K. Friedrichs, **Die Verallgemeinerung der Riemannschen Methode auf eine beliebige gerade Anzahl von Dimensionen.** (Vorgelegt von R. Courant am 28. X. 1927.) Die Riemann-Hadamardsche Integrationsmethode für das Anfangswertproblem hyperbolischer Differentialgleichungen wird für den Fall einer geraden Anzahl von unabhängigen Veränderlichen durchgeführt und auf diese Weise ein einfacher Beweis für die Hauptaussage des Huygensschen Prinzips gewonnen.

A. Walther, **Über lineare Differenzengleichungen mit konstanten Koeffizienten und fastperiodischer rechter Seite.** (Vorgelegt von R. Courant am 28. 10. 1927.) Vor allem wird die Gleichung: „Differenzenquotient einer Funktion $F(x)$ gleich einer gegebenen fastperiodischen Funktion $f(x)$" behandelt.

H. Weyl, **Strahlbildung, nach der Kontinuitätsmethode behandelt.** (Vorgelegt am 28. X. 1927.) Durch die Cisottische Formel wird in der zweidimensionalen Hydrodynamik das Problem des aus einer von n geradlinigen Wänden begrenzten Düse austretenden Strahls auf die Bestimmung gewisser n-Parameter zurückgeführt, welche den natürlichen Data anzupassen sind. Nach der Kontinuitätsmethode treten Singularitäten, Verzweigungsstellen innerhalb der n-dimensionalen Mannigfaltigkeit von Strömungen dort auf, wo durch infinitesimale Variation der Parameter eine Störung hervorgebracht werden kann, welche jene Data ungeändert läßt. Es wird gezeigt, daß dies nicht der Fall ist, solange die Richtungen, unter denen der Strahl die Düse an den beiden Mündungspunkten verläßt, einen Winkel $\leq \pi$ bilden; jenseits dieser Grenze treten aber derartige Verzweigungsstellen in der Tat auf.

G. Polya, **Eine Verallgemeinerung des Fabryschen Lückensatzes.** (Vorgelegt von R. Courant am 28. X. 1927.)

O. Wallach, **Abwandlung der Oxime von Orthodiketonen in Pyrazine.** (Vorgelegt am 5. XI. 1927.) Die Dioxime der Orthodiketone geben in der Regel bei der alkalischen Reduktion nicht Diamine, sondern (unter partieller Hydrolyse) im ersten Schritt Monoxime der Orthodiketone. Diese werden dann weiter zu Ortho-Amidoketonen reduziert, die ihrerseits nach der Enolisierung und Selbstkondensation unter Abspaltung von 2 Mol. Wasser in sehr oxydabele Dihydropyrazine und schließlich in Pyrazine übergehen.

H. Stille, **Die sogenannte Rückfaltung des Apennin.** (Vorgelegt am 11. XI. 1927.) Die durch G. Steinmann u. a. erkannte Deckenfolge des Apennin gilt, als derjenigen der Alpen entgegengesetzt, als Anhalt dafür, daß im Apennin eine sog. Rückfaltung gegenüber den Alpen als Einzelfall der angeblichen „dinarischen" Rückfaltung vorliege. Diese umgekehrte Deckenfolge läßt sich aber, wie gezeigt wird, durchaus der Vorstellung einfügen, daß der Apennin nicht in Rückfaltung steht, sondern ein Stück des *primär* gegen das im Süden liegende Gondwanaland bewegten dinaridischen Astes des mediterranen Orogens ist. Überhaupt verhält sich der Verfasser stark ablehnend gegenüber der so weitgehenden Anwendung des Begriffes Rückfaltung bei der Synthese der Gebirgssysteme.

Einzeluntersuchungen betreffen die Lage der neoeuropäischen Scheitelung im Bereiche der Ligurischen Alpen, d. h. jener Mittelzone des mediterranen Orogens, von der aus die Faltung sich einerseits gegen den nördlichen und andererseits gegen den südlichen Rahmen des alpidischen Gebirgssystems gerichtet hat. Veränderungen in den Deckenfolgen von Alpen und Apennin erklären sich aus der im Streichen der Gebirge sich verändernden Art der Aufteilung des ehemaligen Geosynklinalraumes in die beiden Stämme des mediterranen Orogens.

W. Meinardus, **Die mittlere Höhe und Eisbedeckung der Antarktis.** (Vorgelegt am 5. XI. 1927.) Die Ergebnisse der neueren Südpolarexpeditionen haben es ermöglicht, eine neue Bestimmung der mittleren Höhe der Antarktis zu versuchen und den vom Verf. im Jahre 1909 berechneten Wert zu verbessern. Maßgebend für die Ansichten über die Temperaturverteilung in den höheren Luftschichten sind vor allem die Messungen E. Barkows auf der Deutschen Antarktischen Expedition im Weddellmeer (1911) geworden. Ferner kommen die von den Engländern ausgeführten Vorstöße im Süden des Roßmeeres und die Beobachtungen Shackletons, Amundsens und Scotts als wesentliche Unterlagen für die Neuberechnung in Frage. Es ergibt sich als mittlere Höhe des vom Südpolarkreis umschlossenen Gebietes nahezu 1500 m, ein Wert, der 10% höher ist als der 1909 ermittelte. Da vom Südpolargebiet innerhalb des Polarkreises (21 Mill. qkm) $^2/_3$ auf den antarktischen Kontinent kommen, so muß die Höhe des letzteren um die Hälfte größer sein, als die Höhe des ganzen Gebietes. Die mittlere Höhe des antarktischen Kontinents beträgt daher etwa 2250 m. Naturgemäß sind auch die neuen Werte noch innerhalb gewisser Grenzen unsicher, doch wird die Größenordnung durch sie richtig getroffen. Die Frage nach der mittleren Dicke der Inlandeisschicht, die das antarktische Festland überzieht, läßt sich ebenfalls nur durch indirekte Beobachtungen ermessen. Wenn man annimmt, daß das antarktische Festland unter der Eisdecke eine mittlere Höhe hat, die ungefähr der mittleren Höhe der benachbarten Kontinente Afrika, Australien und Südamerika entspricht, nämlich 650 m, so ergibt sich eine mittlere Eisdecke von 2250 — 650 = 1600 m oder rund $1^1/_2$ km. Die gesamte Eismenge der Antarktis auf einer Fläche von rund 14 Mill. qkm beträgt somit etwa 20 Mill. Kubikkilometer. Das ist eine erstaunlich große Zahl. Die südpolare Eismenge würde hinreichen, um Europa mit einer Eisschicht von 2000 m, die ganze Erde mit einer solchen von 40 m zu überziehen. Setzt man die Eisdichte zu 0,5 an, was wahrscheinlich noch zu niedrig ist, so entsprechen der antarktischen Eismenge 10 Mill. Kubikkilometer Wasser, die den Spiegel des Weltmeeres um fast 30 m heben könnten. Wegen der großen Ausdehnung des antarktischen Inlandeises werden bereits kleinere Änderungen in der Eismächtigkeit eine fühlbare Schwankung des Meeresspiegels auf der ganzen Erde hervorrufen können. Aus einer Berechnung der Höhenverhältnisse Grönlands und der Mächtigkeit seiner Inlandeisdecke ergibt sich schätzungsweise für das Grönländische Eis ein Volumen von etwa $2^1/_2$ Mill. Kubikkilometer, das ist ein Achtel des antarktischen Eisvolumens.

J. v. Neumann, **Wahrscheinlichkeitstheoretischer Aufbau der Quantenmechanik.** (Vorgelegt von M. Born am 5. XI. 1927.) Unter der Voraussetzung, daß alle physikalischen Größen eines Systems durch Hermitesche Operatoren repräsentiert werden können, wird folgendes gezeigt: Wenn einige ganz einfache und *rein qualitative* Grundannahmen erfüllt sind, so kann daraus die ganze „Transformationstheorie" der Quantenmechanik (mit allen ihren quantitativen Resultaten) zwingend und eindeutig erschlossen werden. Insbesondere werden die in der vorhergehenden Arbeit des Verf. angegebenen statistischen Formeln bewiesen. Auch gewinnt man eine erschöpfende Theorie der sog. „reinen Fälle der Quantenmechanik". (Dieselben wurden auch von H. Weyl, Zeitschr. f. Phys. **46**, H. 1/2, S. 1—46. 1927, gebildet.)

J. v. NEUMANN, **Thermodynamik quantenmechanischer Gesamtheiten.** (Vorgelegt von M. BORN am 5. XI. 1927.) Während die durch die „zeitabhängige" SCHRÖDINGERsche Differentialgleichung bedingten Änderungen quantenmechanischer Einzelsysteme, und auch solche ganzer Gesamtheiten, rein kausal und in allen Fällen reversibel sind, gilt das von Experimenten im allgemeinen nicht. Messungen bedingen bekanntlich, nach W. HEISENBERG, eine Veränderung des gemessenen Systems. Diese ist nach Arbeiten von M. BORN und der daran anschließenden „Transformationstheorie" statistisch — unkausal — und der Gedanke ihrer Irreversibilität (im thermodynamischen Sinne) liegt nahe. Mit einer von A. EINSTEIN herrührenden Methode — die von L. SZILARD zu anderen Zwecken weiter ausgebildet wurde (Zeitschr. f. Phys. **32**, H. 10, S. 777. 1925) — wird diese Irreversibilität in der vorliegenden Arbeit nachgewiesen, und die interessierenden Entropien berechnet. Für „Gleichgewichtsgesamtheiten" ergibt sich ein Analogon der BOLTZMANNschen Formel. Auch ergibt sich, daß die bekannte thermodynamische Paradoxie von der Trennbarkeit (durch semipermeable Wände) beliebig wenig verschiedener Objekte in der Quantentheorie fortfällt: denn hier ist zur absoluten Trennbarkeit die Orthogonalität ihres „Wellenfunktionen" notwendig und hinreichend.

R. FLECHSIG, **Zur Sättigung des lichtelektrischen Primärstromes.** (Vorgelegt von R. POHN am 26. XII. 1927.) Die Sättigung lichtelektrischer Primärströme in Krystallen tritt ein, wenn alle vom Licht abgespaltenen Elektronen die Elektroden erreichen. Das war bislang bei den Krystallen kleiner Lichtbrechung, die, wie z. B. gelbes Steinsalz, erst durch eine Fremdfärbung zu lichtelektrischen Leitern werden, nicht möglich, weil die Elektronen im elektrischen Felde nur Wege von der Größenordnung eines μ zurücklegen. Es gelingt durch Steigerung der Feldstärke, die Laufstrecken der Elektronen so zu vergrößern, daß man am gelben Steinsalz von etwa 0,1 mm Dicke einwandfrei Sättigungsströme beobachten kann.

A. WINDAUS, P. BORGEAUD und J. BRUNKEN, **Die photochemische Oxydation und Dehydrierung des Ergosterins.** (Vorgelegt von A. Windaus am 25. XI. 1927.) Es wird nachgewiesen, daß Ergosterin nicht nur durch ultraviolettes Licht, sondern bei Anwesenheit von Sensibilisatoren auch durch sichtbares Licht verändert wird; bei Anwesenheit von Sauerstoff erfolgt eine Photooxydation unter Bildung eines krystallisierten Peroxyds, bei Abwesenheit von Sauerstoff findet eine Dehydrierung statt unter Bildung eines Pinakons.

P. ALEXANDROFF, **Über die Dualität zwischen den Zusammenhangszahlen einer abgeschlossenen Menge und des zu ihr komplementären Raumes.** (Vorgelegt von R. COURANT am 25. XI. 1927.)

L. PONTREJAGIN, **Zum Alexanderschen Dualitätsgesetz I.** (Vorgelegt von R. COURANT am 25. XI. 1927.)

HERMANN SCHMIDT, **Stratigraphische Beobachtungen im ostsudetischen Paläozoicum.** (Vorgelegt von H. STILLE am 9. XII. 1927.) Das große Gebiet angeblich kulmischer Schichten zwischen dem Altvatergebirge und Ostrau wurde bereist, wobei sich namentlich durch neue Fossilfunde die Beobachtungen einheimischer Forscher glücklich ergänzen ließen. So fand Verf. bei Engelberg eine Oberdevon-Fauna, so daß das große Gebiet der schon von F. ROEMER ausgeschiedenen „Engelsberger Schichten", etwa im Raume Ziegenhals—Römerstadt—Bennisch—Olmütz, endlich stratigraphisch bestimmt wird. Die erste Kohlenkalk-Fauna der Ostsudeten wurde an der Strecke Röwersdorf—Hotzenplotz gefunden. Eigene Funde und vorliegende Fossilien ergaben, daß die Mohrataler Schiefer die Zonen des Glyphioceras crenistria und striatum umfassen, die östlich folgenden Grätzer Grauwacken und Wagstädter Schichten die Zone des Glyph. granosum. Die Grenze zum Obercarbon ist im hangendsten Teil der Wagstädter Schichten zu suchen. Zwischen zwei krystallinen Kernen (Altvatergebirge und Untergrund der Ostrauer Tafel) zeigt sich das Bild eines zweiseitigen Orogens im kleinen, wie man an der Asymmetrie der Sättel und an der Lage der Schieferung sehen kann.

R. FUETER, **Reziprozitätsgesetze in quadratisch-imaginären Körpern. I.** (Vorgelegt von D. HILBERT am 9. XII. 1927.) Beweis des Reziprozitätsgesetzes.

W. HEITLER, **Elektronenaustausch und Molekülbildung.** (Vorgelegt von M. BORN am 10. II. 1928.) Die Arbeit enthält eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse, zu denen die Quantenmechanik auf dem Gebiete der homöopolaren Molekülchemie geführt hat. Im 1. Teil wird vom statistisch-corpuscularen Standpunkt aus die Störungstheorie betrachtet, in welcher das Prinzip des Austausches gleicher Teilchen eine hervorragende Rolle spielt. Im 2. Teil wird gezeigt, wie die Anwendung auf die Störung zwischen ganzen Atomen zu einem Verständnis der homöopolaren Bindung führt.

E. WIGNER, **Über die Erhaltungssätze in der Quantenmechanik.** (Vorgelegt von M. BORN am 10. II. 1928.) Außer dem Energie-, Impuls-, Drehimpulssatz ergeben sich in der Quantenmechanik noch zwei Erhaltungssätze, die keine klassischen Analoga haben. Sie entsprechen der Spiegelungssymmetrie des Raumes bzw. der HEISENBERG-DIRACschen „Resonanz-Entartung". Bei der Anwendung auf die Anregungswahrscheinlichkeiten durch Stöße ergeben sich Folgerungen der Art, daß z. B. — namentlich bei niedrigen Atomnummern — eine Änderung des Multiplettsystems bei Stößen mit α-Teilchen unwahrscheinlich ist.

ALFRED KÜHN, **Die Pigmentierung von Habrobracon juglandis Ashmed, ihre Prädetermination und ihre Vererbung durch Gene und Plasmon.** (Vorgelegt am 10. II. 1928.) Mehrere Jahre hindurch wurden Modifikabilität und Vererbung bei der Schlupfwespe Habrobracon juglandis Ash. untersucht. Die Pigmentmenge ist in hohem Grade durch die Temperatur modifikabel. Die Ausbildung des Pigments findet während der Puppenzeit statt. Die Pigmentierung läßt sich aber schon beeinflussen dadurch, daß man die Mutter der Tiere vor der Eiablage aus einer Temperatur in eine andere umsetzt. Die bereits beeinflußbaren Eier befinden sich erst in frühen Wachstumsstadien; also laufen schon in diesen Vorgänge ab, welche die spätere Pigmentbildung mitbestimmen. Durch Auslese aus Material verschiedener Herkunft wurden Rassen mit verschiedener Pigmentausdehnung gezüchtet. Kreuzungen dieser Rassen ergaben, daß die Ausbildung einer bestimmten Pigmentmenge außer von Kerngenen auch von der Beschaffenheit des Plasmas abhängig ist. Denn durch 3 Generationen hindurch ist die Pigmentmenge entsprechender reziproker Kreuzungen jeweils nach der Seite derjenigen Rasse hin verschoben, deren Plasma durch die Generationen mitgeführt wird.

V. M. GOLDSCHMIDT, **Über das Wöhlersche Cyanstickstofftitan.** (Vorgelegt am 24. II. 1928.) Dieser Stoff, sog. „kupferfarbige Hochofenwürfel", erwies sich als isomorpher Mischkrystall von TiN (Titannitrid) und TiC (Titancarbid). Die Gitterkonstante beträgt 4,243 Å. Es ist bemerkenswert, daß nach WÖHLERS Befund bei der Einwirkung von Chlor auf diese Krystalle Chlorcyan entsteht; es reagieren also beim Abbau

des Krystallgitters die freien Kohlenstoff- und Stickstoffatome miteinander unter Bildung des Radikals Cyan.

J. REINKE, **Über die Beziehungen zwischen Assimilation und Epiplastic.** Eine Studie aus dem Gebiete der theoretischen Biologie. (Vorgelegt am 24. II. 1928.) Unter Assimilation verstand man zunächst bei den typischen Pflanzen die Aneignung der CO_2 der Atmosphäre, später mit Recht auch die Aneignung der H_2O und der anorganischen Salze, bei den Saprophyten und Parasiten auch die der organischen Bestandteile ihrer Nahrung. Hiervon unterscheidet der Verfasser nun scharf die Epiplastie, den Einbau der assimilierten Nahrung in das Gefüge des lebenden Organismus, die Ergänzung von Gestalt und Gefüge desselben, wodurch die bei der Teilung verkleinerten Zellbestandteile wieder zu normaler Größe heranwachsen. Auch das Protoplasma selber wächst durch Epiplastie. Sämtliche Teile eines Plasmakörpers besitzen nicht nur eine spezifische chemische Zusammensetzung, sondern auch eine spezifische Struktur, ihre Organisation könnte man als eine superchemische bereichern. Auch in dem „flüssigen" Protoplasmakörpern müssen solche Strukturen vorhanden sein. Den Erbfaktoren, Genen dürfte eine lenkende gestaltende Fähigkeit bei dem Vorgängen der Epiplastie zukommen. Auch bei ihnen selber muß ein Wachstum durch Epiplastie vorhanden sein.

G. TAMMANN, **Die Bedeutung der inneren Diffusion für die Einstellung chemischer Gleichgewichte.** (Vorgelegt am 24. II. 1928.) Von den um ihre Gitterpunkte schwingenden Molekülen tauscht ein Teil ihre Plätze. Je weiter die Temperatur vom Schmelzpunkt entfernt ist, desto geringer wird dieser, nach einer e-Funktion abnehmende Teil. Da zur Einstellung des Gleichgewichtes zwischen einem Mischkrystall und der Lösung, aus der er sich bildet, oder zwischen zwei Mischkrystallen, eine Änderung des Mischungsverhältnisses im Mischkrystall notwendig ist, so ist diese Änderung im Temperaturgebiete fehlenden Platzwechsels behindert, und die Einstellung des Gleichgewichtes nicht möglich. Wenn aber die Zusammensetzung des Krystalls eine unveränderliche ist, so kann sich das Gleichgewicht ungeachtet des Fehlens der inneren Diffusion schnell einstellen. Dementsprechend sind die Löslichkeitskurven von Salzen oder Hydraten auch im Gebiet des fehlenden Platzwechsels wahre Gleichgewichtskurven, auf welche die Gleichungen der Thermodynamik angewandt werden können. Die Kennzeichen des Merklichwerdens der inneren Diffusion bei wachsender Temperatur sind: das Zusammenbacken von Krystallpulvern und andere, die Rekrystallisation begleitende Erscheinungen, der Beginn chemischer Reaktionen in den Gemengen zweier Krystallarten, die Verschiebung der Einwirkungsgrenzen und das Diffusionsvermögen zweier isomorpher Krystalle ineinander. Preßt man zwei verschieden gefärbte Salzpastillen aufeinander, z. B. $KClO_4$ und $KMnO_4$, so bleibt bei 20° im Laufe von 8 Jahren die Grenze zwischen beiden scharf. Auch bei den von C. v. HAUER vor 50 Jahren hergestellten Schichtkrystallen von Alaunen und Vitriolen ist bei 20° die Grenze zwischen dem gefärbten Kern und dem farblosen Mantel nach E. DITTLER (Zeitschr. f. anorg. u. allg. Chem. **168**, 389. 1928) noch ganz scharf. Dementsprechend besteht in Salzen und ihren Hydraten bei 20° noch kein merklicher Platzwechsel, und die sog. Löslichkeitskurve einer Mischkrystallreihe beschreibt nicht die betreffenden Gleichgewichte. Ähnliches gilt für die Dampfdruckkurven von hydratischen Mischkrystallreihen und ihre Spaltung in eine Schmelze und eine niedrigerhydratische Mischkrystallreihe. Die Zusammensetzungen zweier im Gleichgewicht befindlicher Mischkrystalle ändern sich mit der Temperatur im Temperaturgebiet der inneren Diffusion; verschwindet diese, so werden jene Zusammensetzungen von der Temperatur unabhängig.

G. TAMMANN, **Zur Umwandlung unterkühlter Flüssigkeiten in Gläser.** (Vorgelegt am 9. III. 1928.) Wenn in einer unterkühlten Flüssigkeit die maximale Zahl der Krystallisationszentren nicht sehr groß ist, und dasselbe für die lineare Krystallisationsgeschwindigkeit gilt, so verwandelt sich die Flüssigkeit bei hinreichender Unterkühlung in ein Glas. In einem gewissen Temperaturintervall nimmt die spezifische Wärme des Glases mit wachsender Temperatur zu, dasselbe gilt für seine Ausdehnung (QUASEBART, TOREL und VOLECK, PIETENPOHL, WIETZEL und SIMON). Dieses Gebiet abnorm schneller Zunahme des Wärmeinhaltes und des Volumens liegt zwischen zwei, leicht experimentell zu ermittelnden Temperaturen. Die Temperatur, bei der sich aus dem erweichten Glase die ersten dünnen Fäden ziehen lassen, t_f, und die Temperatur, bei der bei der Abkühlung die ersten Sprünge in einer Glasschicht entstehen, wenn dieselbe an einer Stelle etwas gedrückt wird, t_s. Das Temperaturintervall, in dem die spezifische Wärme zunimmt, läßt sich durch Aufnahme von Differentialabkühlungs- oder Erhitzungskurven ermitteln. In diesem Gebiet hat die Viscosität einen Wendepunkt, wahrscheinlich bei der Temperatur t_f, und erreicht hier Werte von $\eta = 10^{13}-10^{14}$. Für folgende Gläser ist das Intervall der Zunahme der spezifischen Wärme Δt und die Temperaturen t_f und t_s angegeben:

	Salicin	Brucin	Piperin
Δt	5–53	84–96	4–13
t_f	62	108	20
t_s	43–44	83–84	3–4

Die ersten Fäden lassen sich 10° oberhalb des abnormen Intervalls ziehen, und die ersten Sprünge treten beim Beginn dieses Intervalls auf. Ganz ähnlich verhalten sich auch die Gemenge mehrerer Stoffe wie: Kolophonium, Mastix, Schellack und Silicatgläser. Der Grund der abnormen Änderungen der Eigenschaften im Temperaturintervall Δt ist auf eine starke Änderung des inneren Druckes zurückzuführen, bedingt durch eine starke Annäherung des Moleküls. Wie mit wachsendem äußeren Druck die Ausdehnung und die spezifische Wärme der Flüssigkeiten abnehmen, so nehmen sie auch im abnormen Gebiet mit sinkender Temperatur und schneller anwachsendem inneren Druck ab.

L. PONTREJAGIN, **Zum Alexanderschen Dualitätssatz. II. Mitt.** (Vorgelegt von R. COURANT am 9. III. 1927.)

F. HUND, **Jacobische Polynome und vierdimensionale Potentialgleichungen.** (Vorgelegt von R. COURANT am 9. III. 1927.) Im Anschluß an das Problem der Quantisierung des symmetrischen Kreisels wird die mathematische Bemerkung gemacht, daß die JACOBIschen Polynome zur vierdimensionalen Potentialgleichung in ähnlicher Beziehung stehen, wie die LEGENDREschen zur dreidimensionalen.

R. FUETER, **Reziprozitätsgesetze in quadratisch-imaginären Körpern. 2. Mitt.** (Vorgelegt von R. COURANT am 9. III. 1927.) Fortsetzung der Untersuchungen aus der ersten Mitteilung.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.